



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

PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH DEL RÍO FRAILE

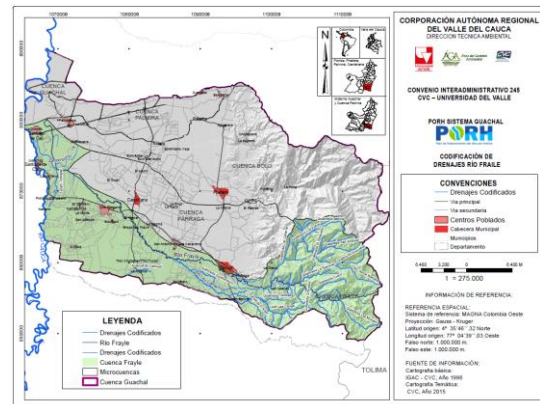
Documento síntesis

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

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



Río Fraile Equipo UNIVALLE 05-2022



INFORME SINTESIS PORH RIO FRAILE



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. FASE I. DECLARATORIA	2
2. FASE II. DIAGNÓSTICO	2
2.2 Participación en el PORH	3
2.2.1 Participación de los grupos étnicos en la formulación del PORH del río Fraile	8
2.3 Localización y caracterización de la red hidrometeorológica y de calidad existente	8
2.3.1 Red hidrometeorológica	9
2.3.2 Red de monitoreo de calidad existente	11
2.4 Oferta hídrica del río Fraile	12
2.5 Caudal Ecológico	15
2.6 Caudal de oferta disponible	16
2.7 Demanda hídrica total (DHT)	16
2.7.1 Fuentes de información consultadas	18
2.7.2 Demanda de agua para el uso de consumo humano y doméstico	21
2.7.3 Demanda uso agrícola	22
2.7.4 Demanda de uso pecuario	22
2.7.5 Demanda Uso industrial	23
2.7.6 Demanda hídrica total – DHT del río Fraile	23
2.8 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial	24
2.8.1 Índice de uso de agua (IUA)	24
2.8.2 Índice de retención y regulación hídrica (IRH)	26
2.8.3 Índice de aridez (IA)	26
2.8.4 Índice de vulnerabilidad hídrica	27
2.9 Usos y usuarios del agua	29
2.9.1 Censo de usuarios	30
2.9.2 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano	34
2.9.3 Sitios de extracción de material de arrastre	35
2.9.4 Inventario de sistemas de tratamientos de agua residual	35
2.10 Análisis de problemáticas y conflictos actuales derivados del uso del recurso hídrico	37
2.11 Calidad de agua	40
2.11.1 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad el cuerpo de agua objeto de ordenamiento	40
2.11.2 Caracterización hidráulica	41
2.11.3 Resultados monitoreo de calidad y cantidad	42
2.11.4 Resultados monitoreo hidrobiológicos	45

2.11.5	Resultados del Monitoreo de Vertimientos sobre el río Fraile	55
2.11.6	Índices de calidad y contaminación.....	57
2.11.7	Indicadores biológicos para el río Fraile.....	69
3.	<i>FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA</i>	69
3.1	Proyección de la demanda total de agua	69
3.1.1	Proyección de la Demanda Hídrica para Consumo Humano	70
3.1.2	Proyección de la Demanda Hídrica para para Producción Agrícola.....	72
3.1.3	Proyección de la Demanda Hídrica Total.....	73
3.2	Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta del Río Fraile	76
3.2.1	Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el Río Fraile proyectada al 2044.....	76
3.2.2	Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Fraile ..	78
3.3	Modelación de la calidad del agua	79
3.4	Definición de tramos de análisis para el establecimiento de objetivos de calidad.....	84
3.5	Calibración y confirmación del modelo del río Fraile.....	84
3.6	Formulación y simulación de escenarios	88
3.7	Identificación de usos potenciales del recurso hídrico y clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento	100
3.8	Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos.....	101
3.9	Establecimiento de la meta global de carga contaminante y proyección de cargas.....	103
4.	<i>FASE IV FORMULACIÓN DEL PORH</i>	105
4.1	Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en el río Fraile	105
4.1.1	Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad	105
4.1.2	Seguimiento a usuarios del recurso hídrico	107
4.1.3	Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación.....	108
4.2	Estructura del componente programático del PORH del río Fraile.....	109
4.2.1	Línea Estratégica 1: Gestión de la calidad del agua	109
4.2.2	Línea Estratégica 2: Gestión de la oferta	109
4.2.3	Línea Estratégica 3: Gestión de la demanda	110
4.2.4	Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua	110
4.3	Ruta de Articulación	120
4.3.1	Articulación del PORH con los instrumentos de planificación	120
4.1	Restricciones y condicionantes	125
5.	<i>Bibliografía</i>	126

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Codificación del río Fraile.....	2
Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento del río Fraile.....	3
Tabla 2-3. Descripción de los principales resultados de proceso de participación respecto al río Fraile	5
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.....	8
Tabla 2-5. Red de estaciones climatológicas ubicadas en la zona de influencia del sistema Guachal.....	9
Tabla 2-6. Relación de las estaciones de caudales ubicadas en el sistema Guachal.....	10
Tabla 2-7. Información general sobre estaciones de monitoreo de la CVC sobre Río Fraile	11
Tabla 2-8. Caudales medios observados en las estaciones hidrológicas del río Fraile (m ³ /s).....	13
Tabla 2-9. Oferta Hídrica Total Superficial OHTS de los tramos del Sistema Fraile, caudales medios mensuales (m ³ /s).....	14
Tabla 2-10. Porcentaje asociado para el Caudal Ecológico en el río Fraile	15
Tabla 2-11. Caudal medio ecológico mensual multianual (m ³ /s).....	15
Tabla 2-12. Oferta Hídrica Disponible OHD en los sectores de análisis del río Fraile	16
Tabla 2-13. Expresiones matemáticas para el cálculo de las demandas de uso de uso del agua a emplear en el sistema Guachal	17
Tabla 2-14. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce de los ríos que conforman el sistema Guachal, resaltando la composición del río Fraile	18
Tabla 2-15. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal	19
Tabla 2-16. Poblaciones pecuarias por municipios que hacen parte del sistema Guachal.....	19
Tabla 2-17. Dotaciones pecuarias.....	20
Tabla 2-18. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m ³	20
Tabla 2-19. Evapotranspiración de referencia (ET ₀ , mm) por tramos de los cauces sistema Fraile	21
Tabla 2-20. Dotación per cápita establecida para el uso de consumo humano y las poblaciones abastecidas por el sistema del río Fraile.....	21
Tabla 2-21 Demanda para el uso doméstico del río Fraile en Mm ³ /mes año 2023	22
Tabla 2-22. Demanda uso agrícola DUA en Mm ³ /mes	22
Tabla 2-23. Demanda de uso pecuario DUP en Mm ³ /mes.....	22
Tabla 2-24. DUP asociada a los tramos del río Fraile (Mm ³ /mes)	23
Tabla 2-25. Demanda de uso industrial Mm ³ /mes	23
Tabla 2-26 Demanda Hídrica Total subcuenca río Fraile (Mm ³ /mes).....	23
Tabla 2-27. Categorías de IUA de acuerdo con el IDEAM (2013).....	24
Tabla 2-28. Valor de IUA para el río Fraile, año normal.....	24
Tabla 2-29. Valor de IUA para el río Fraile, año seco	25
Tabla 2-30. Categorías de IRH de acuerdo con el IDEAM (2013)	26
Tabla 2-31. Valores de IRH por tramos del Sistema Fraile	26
Tabla 2-32. Rangos y categorías para la evaluación del Índice de Aridez en los Estudio Nacionales de Agua en el periodo 2014 a 2018	27

Tabla 2-33. Índice de Aridez por sectores del Sistema Fraile	27
Tabla 2-34. Rangos y categorías del IUA y su relación con el IRH, que determinan el IVH por desabastecimiento	28
Tabla 2-35. IVH para los tramos del Sistema Fraile en año normal	29
Tabla 2-36. IVH para los tramos del Sistema Fraile en año seco	29
Tabla 2-37. Usos identificados por tramos en el río Fraile	30
Tabla 2-38. Derivaciones del río Fraile	31
Tabla 2-39. Usuarios con captaciones directas al río fraile	31
Tabla 2-40. Captaciones de agua para consumo humano en el río Fraile	34
Tabla 2-41. Sitios de extracción de material de arrastre	35
Tabla 2-42. Vertimientos al río Fraile	36
Tabla 2-43. Otros Vertimientos al río Fraile, con proyección a incrementar el volumen de la descarga según desarrollo de los proyectos urbanísticos	36
Tabla 2-44. Denuncias presentadas por afectaciones al recurso hídrico relacionadas con el Sistema Guachal	38
Tabla 2-45. Conflictos el río Fraile	39
Tabla 2-46. Estaciones de monitoreo de agua superficial y vertimientos en el río Fraile	40
Tabla 2-47. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Fraile campañas C1 y C2	42
Tabla 2-48. Resultados de análisis fisicoquímicos Campaña 1 – Río Fraile	42
Tabla 2-49. Resultados de análisis fisicoquímicos Campaña 2 – Río Fraile	44
Tabla 2-50. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante las campañas de muestreo del río Fraile	49
Tabla 2-51. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Fraile en época seca y de lluvia	50
Tabla 2-52. Índices de diversidad y BMWP calculados para el río Fraile	51
Tabla 2-53. Registro de especies por estación y época climática para el río Fraile, Valle del Cauca	52
Tabla 2-54. Valores de índices de diversidad en ambos periodos climáticos para el río Fraile, Valle del Cauca	54
Tabla 2-55. Resultados de los parámetros evaluados para los vertimientos sobre el río Fraile	55
Tabla 2-56. Concentración de los parámetros evaluados para los vertimientos sobre el río Fraile	56
Tabla 2-57. Clasificación del ICA IDEAM	58
Tabla 2-58. Resultados ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 1	58
Tabla 2-59. Resultados ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 2	59
Tabla 2-60. Clasificación ICA CETESB	60
Tabla 2-61. Resultados ICA-CETESB Río Fraile – Campaña 1	60
Tabla 2-62. Resultados ICA-CETESB Río Fraile – Campaña 2	60
Tabla 2-63. Clasificación de la calidad del agua según el ICA para el índice de DINIUS	62
Tabla 2-64. Resultados ICA-DINIUS Río Fraile – Campaña 1	62
Tabla 2-65. Resultados ICA-DINIUS Río Fraile – Campaña 2	62
Tabla 2-66. Clasificación de la Contaminación ICOMO	64
Tabla 2-67. Resultados ICOMO en el Río Fraile – Campaña 1	64
Tabla 2-68. Resultados ICOMO en el Río Fraile – Campaña 2	65

Tabla 2-69. Clasificación de la Contaminación ICOTRO	66
Tabla 2-70. ICOTRO Río Fraile – Campaña 1	66
Tabla 2-71. ICOTRO Río Fraile – Campaña 2	66
Tabla 2-72. Índices históricos calculados para el río Fraile para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022	68
Tabla 2-73. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col (Fuente Roldán, 2003)	69
Tabla 2-74. Clasificación de las aguas en los puntos de monitoreo del río Fraile según BMWP	69
Tabla 3-1. Relación de los afluentes de la Cuenca Guachal, municipios de influencia, población estimada y actividades agrícolas con su extensión	70
Tabla 3-2. Proyección de la demanda hídrica para consumo humano para los municipios de Florida, Pradera. Palmira y Candelaria, para el periodo 2020-2044	71
Tabla 3-3. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia del sistema de la Cuenca del río Guachal	72
Tabla 3-4. Consumo hídrico promedio en cada cultivo presente en el área de influencia de sistema de la Cuenca del sistema Guachal por Hectárea	73
Tabla 3-5. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte de la cuenca del río Fraile (datos en m ³ /s)	75
Tabla 3-6. Resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica en los puntos de monitoreo del tramo en ordenación del río Fraile para años normal y seco	76
Tabla 3-7. Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Fraile para año normal y seco	77
Tabla 3-8. Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Fraile para año normal y seco	77
Tabla 3-9. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Fraile	79
Tabla 3-10. Esquemización Río Fraile	79
Tabla 3-11. Definición de tramos de análisis Río Fraile	84
Tabla 3-12. Valor final obtenido para la función objetivo – río Fraile	85
Tabla 3-13. Planteamiento del escenario base del Río Fraile	89
Tabla 3-14. Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua	101
Tabla 3-15. Usos y objetivos de calidad para el río Fraile	102
Tabla 3-16. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada tramo de análisis del río Fraile	104
Tabla 4-1. Red de monitoreo sobre el río Fraile y sus principales tributarios	105
Tabla 4-2. Variables de calidad del programa de seguimiento y monitoreo del río Fraile	105
Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre el río Fraile	107
Tabla 4-4. Línea Estratégica 1: Gestión de la calidad del agua	111
Tabla 4-5. Línea Estratégica 2: Gestión de la Oferta	117
Tabla 4-6. Línea Estratégica 3: Gestión de la demanda de agua	117
Tabla 4-7. Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua	119
Tabla 4-8. Líneas estratégicas y acciones propuestas para el PEM de la Macrocuena Magdalena-Cauca, que se enmarcan en la propuesta programática del PORH del río Fraile	121

Tabla 4-9. Estrategias del PUEAA presentado por ACUAVALLE que se articulan con el componente programático del PORH del Fraile	122
Tabla 4-10. Avance de los PSMV en la zona con impactos sobre la calidad de las aguas del río Fraile...	123
Tabla 4-11. Objetivos de calidad para el tramo IIB de la cuenca del río Cauca	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Tramo en ordenamiento del recurso hídrico del río Fraile	4
Figura 2-2. Actores relevantes y representativos asociados con el cauce principal del río Fraile, objeto de ordenamiento del recurso hídrico Fase Diagnóstico	5
Figura 2-3. Estaciones hidrometereológicas en el sistema Guachal.....	10
Figura 2-4 Red de Estaciones calidad de CVC ubicadas en el Sistema Guachal incluidos los puntos sobre el río Fraile.....	12
Figura 2-5. Régimen de caudales de río Fraile observados en las estaciones Las Brisas del Fraile-Buchitolo y Fraile La Industria.....	14
Figura 2-6. Índice de Aridez –IA- por sectores en el río Fraile	28
Figura 2-7. Ubicación captaciones directas sobre tramo PORH del río Fraile	34
Figura 2-8. Mapa de localización de vertimientos al río Fraile según el listado de la Tabla 2-42.....	38
Figura 2-9. Puntos de monitoreo de calidad de agua superficial y vertimientos en el sistema Guachal, incluido el río Fraile.....	41
Figura 2-10. Puntos de monitoreo de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados en el sistema Guachal, incluyendo el Río Fraile	46
Figura 2-11. Puntos de monitoreo de las comunidades de peces en el sistema Guachal, incluyendo el Río Fraile.....	47
Figura 2-12. Densidad de morfoespecies de perifiton registradas en las campañas de monitoreo del río Fraile, Temporada seca (izquierda). Temporada de lluvias (derecha).....	48
Figura 2-13. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa del río Fraile	49
Figura 2-14. Relación entre la dominancia y la equidad	52
Figura 2-15. Valores de riqueza y abundancia registrados en el río Fraile, Valle del Cauca en periodo seco	53
Figura 2-16. Valores de riqueza y abundancia registrados en el río Fraile, en periodo lluvias.....	54
Figura 2-17. ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 1.....	59
Figura 2-18. ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 2.....	59
Figura 2-19. ICA CETESB Río Fraile – Campaña 1.....	61
Figura 2-20. ICA CETESB Río Fraile – Campaña 2.....	61
Figura 2-21. ICA DINIUS Río Fraile – Campaña 1.....	63
Figura 2-22. ICA DINIUS Río Fraile – Campaña 2.....	63
Figura 2-23. ICOMO Río Fraile – Campaña 1.....	64
Figura 2-24. ICOMO Río Fraile – Campaña 2.....	65
Figura 2-25. Estaciones de monitoreo sobre el río Fraile – Sistema Guachal.....	67

Figura 3-1. Esquema gráfico río Fraile – Tramo 1 y 2.....	82
Figura 3-2. Esquema gráfico río Fraile – Tramo 3.....	83
Figura 3-3. Calibración y confirmación de caudal Río Fraile.....	86
Figura 3-4. Calibración y confirmación oxígeno disuelto Río Fraile	86
Figura 3-5. Calibración y confirmación DBO ₅ Río Fraile	87
Figura 3-6. Calibración y confirmación SST Río Fraile	87
Figura 3-7. Calibración y confirmación patógenos Río Fraile.....	88
Figura 3-8 Escenarios para caudal Río Fraile.....	97
Figura 3-9 Escenarios para oxígeno disuelto Río Fraile	98
Figura 3-10 Escenarios para DBO ₅ Río Fraile.....	99
Figura 3-11 Escenarios para SST Río Fraile	99
Figura 3-12 Escenarios para patógenos Río Fraile.....	100
Figura 4-1. Instrumentos de planificación y estudios técnicos tomados en cuenta para la articulación con el PORH del río Fraile.....	120

INTRODUCCIÓN

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

Teniendo en cuenta lo anterior, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, suscribió con la Universidad del Valle, el Convenio marco 245 de 2021, cuyo objeto es *“Formulación Del Plan De Ordenamiento Del Recurso Hídrico (PORH) De Los Cauces Naturales De Los Ríos Guachal-Bolo-Fraile-Párraga-Palmira Y La Quebrada San Pedro Como Insumo Para La Administración Del Recurso Hídrico Y El Acotamiento De La Ronda Hídrica En 18 Km De Los Ríos Bolo Y Fraile Pertenecientes Al Sistema Guachal”*. Para el ordenamiento del recurso hídrico se siguió como directriz la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial – PORH, adoptada mediante la Resolución 751 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En este contexto, el presente documento contiene la síntesis del PORH del río Fraile en jurisdicción de los municipios de Florida, Candelaria y Palmira e incluye los resultados obtenidos en su elaboración, con el fin de establecer las medidas de planificación en distintos escenarios, tendientes a garantizar el sostenimiento de los recursos ecosistémicos y los usos actuales y potenciales de esta; por ende, en cumplimiento con la normatividad se presentan:

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



1. FASE I. DECLARATORIA

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

2. FASE II. DIAGNÓSTICO

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

2.1 Descripción del Cuerpo de Agua en Ordenamiento

El río Fraile nace en laguna El Guayabal sobre el páramo Las Tinajas área del Parque Nacional Natural -PNN- Las Hermosas, en la vertiente occidental de la cordillera central, a 3900 msnm, el cual se consolida una vez recibe el aporte del río Santa Bárbara, e inicia un recorrido en dirección este - oeste de 80 Km aproximadamente hasta su confluencia con el río Bolo, cubriendo un área de 486 Km², en jurisdicción de los municipios de Florida, Candelaria y Palmira, discurriendo entre paisajes de origen glaciar, montañas altas con pendientes abruptas y escarpadas, piedemonte con colinas onduladas y la llanura aluvial del río Cauca en su intersección con el río Bolo. En la Tabla 2-1 presenta la codificación del río Fraile con base en la Zonificación hidrográfica IDEAM (2013).

El tramo del río Fraile en ordenamiento inicia desde la “Derivación 1” del río que abastece los acueductos de la vereda el Pedregal, es por lo que a este punto se le conoce como nacimiento El Pedregal, pues toma el nombre de la vereda donde se ubica. A partir del “Nacimiento El Pedregal” hasta su confluencia con el río Bolo, tiene una longitud aproximada de 56.1 Km, de los cuales 20.47 Km se encuentran en jurisdicción del municipio de Florida, 27.4 Km en jurisdicción el municipio de Candelaria y 8.23 Km en jurisdicción del municipio de Palmira. En este recorrido transita un paisaje de piedemonte, luego zona urbana y varios centros poblados. En la Figura 2-1 se presenta la microcuenca del río Fraile y sus cuerpos de agua codificados. La Tabla 2-2 presenta la descripción del tramo del río Fraile en ordenamiento.

Tabla 2-1. Codificación del río Fraile

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Código	Cuenca	Código	Nombre subcuenca	Código
Magdalena - Cauca	Cauca	Guachal (Fraile – Párraga Bolo)	2607	Guachal	260712	Fraile	260712701

Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento del río Fraile

Descripción	Longitud (km)	Coordenadas			
		Inicio tramo		Fin tramo	
		X	Y	X	Y
Desde el punto de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal en el kilómetro 24.4, hasta la confluencia del río Bolo con el río Fraile en el kilómetro 80.5	56.1	1096541.923	857281.883	1068488.721	880268.594

Sistema de coordenadas: Magna Colombia Oeste

2.2 Participación en el PORH

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

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

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

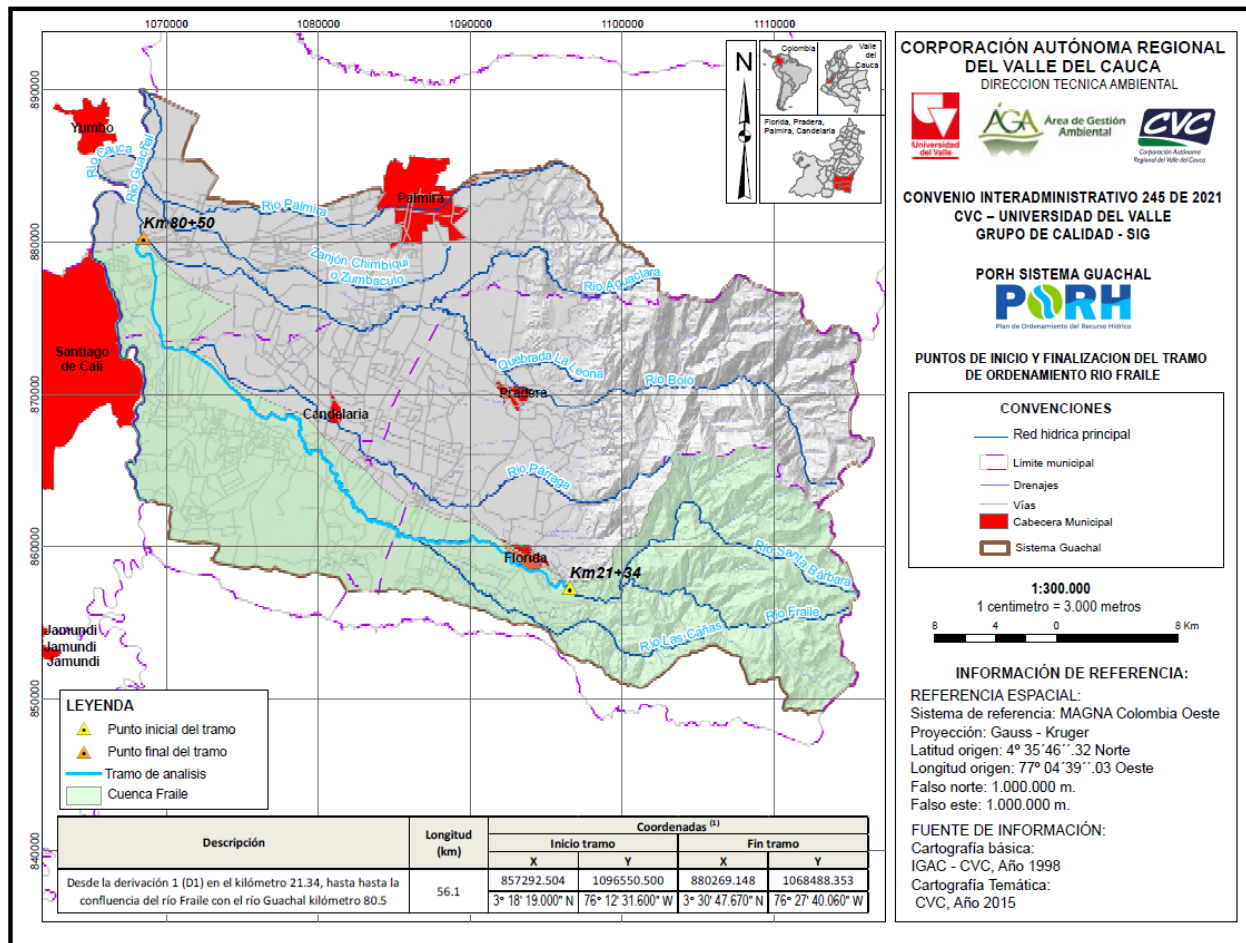


Figura 2-1 Tramo en ordenamiento del recurso hídrico del río Fraile

Todos los usuarios por captaciones y por vertimientos se identificaron como los actores relevantes en este proceso de planificación, pero además se identificaron y tomaron en cuenta los actores representativos comunitarios, las organizaciones privadas e instituciones pública, estas últimas fueron las alcaldías de Florida y Candelaria, el Consejo Departamental de Política Ambiental y Gestión Integral del Recurso Hídrico -CODEPARH- por parte de la Gobernación del Valle del Cauca y por su puesto la autoridad ambiental, CVC. Ente los actores comunitarios se identificaron las Juntas de Acción Comunal- JAC de la zona urbana del municipio de Florida, en la zona rural la JAC del Pedregal, y la del corregimiento de San Antonio de los Caballeros; del municipio de Candelaria las JAC de los corregimientos de Buchitolo, Villagorgona, El Arenal, la Regina, la vereda de Brisas del Fraile fueron tomadas en cuenta en el proceso de participación. Entre las organizaciones reconocidas en el proceso de planificación fueron La Asociación de Trabajadores Campesinos del Valle del Cauca -ASTRACA-VA-, Asofrayle y Cenicaña.

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

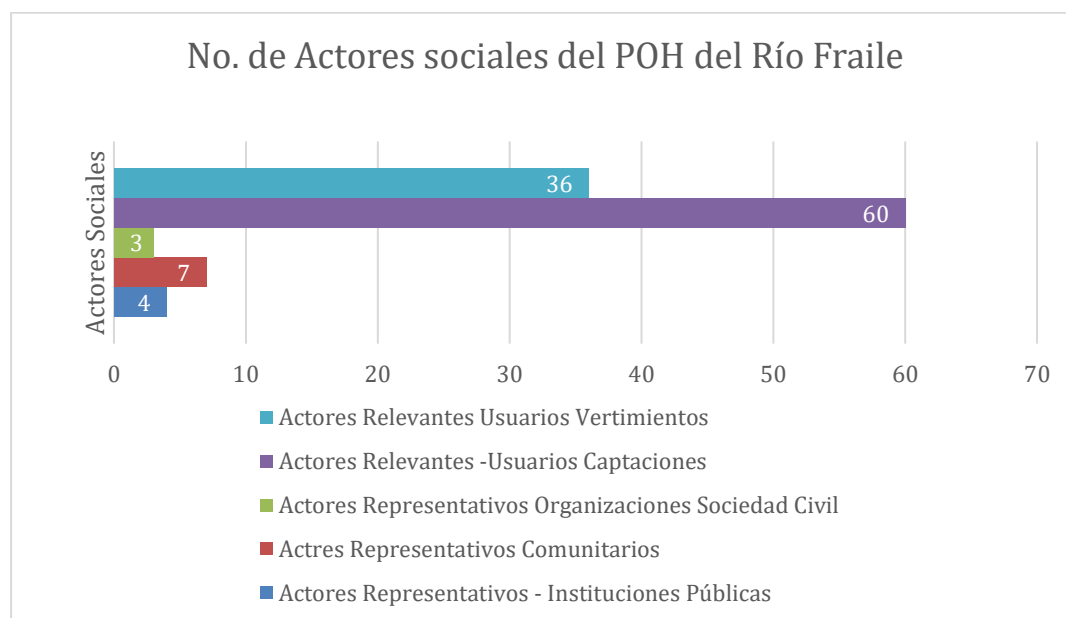


Figura 2-2. Actores relevantes y representativos asociados con el cauce principal del río Fraile, objeto de ordenamiento del recurso hídrico Fase Diagnóstico

Tabla 2-3. Descripción de los principales resultados de proceso de participación respecto al río Fraile

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 introducía la temática dando contexto, a través del marco teórico, metodológico y el alcance de la formulación del 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

Fase	Logros
	para cada cuerpo de agua con ayuda de mapas impresos con énfasis en cada cuerpo de agua. El trabajo de cartografía social trabajó tres dimensiones de análisis: Dimensión Geográfica: la representación cartográfica fue un instrumento educativo que permitió el reconocimiento por parte de los actores sociales de las unidades espaciales del río, cuenca, el río como parte del sistema y su relación hidrológica, social y económica. Esto facilitó el ejercicio de identificación, descripción y localización de las situaciones o problemáticas con mayor impacto ambiental para profundizar en las problemáticas y situaciones que por su proximidad les fueran más conocidas. 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 tomarán en cuenta para la toma de decisiones. Se realizaron cinco 5 talleres diagnóstico de cartografía social a partir del cual los actores se identificaron actividades asociadas al cauce, que ubicaron en los mapas parlantes: • Infraestructura hidráulica Bocatomas, PTAP, PTAR, STAR • Infraestructura de comunicación: Puentes, carreteras, vías de acceso • Dinámicas de poblamiento: Urbanizaciones, aumento de la población, asentamientos humanos de desarrollo incompleto, predios en extinción de dominio • Actividades económicas: Agrícolas, industriales, pecuarias, recreativas, turísticas • Zonas inundables • Zonas contaminadas: Olores ofensivos, plagas • Uso de aguas subterráneas En un taller final que congregó todos los actores relacionados con los cauces en ordenación que conforman el sistema Guachal, incluido el río Fraile, se presentaron los resultados del diagnóstico abordando los siguientes temas: • Contexto territorial del sistema y estrategia de participación • Censo de Usuarios • Campañas Físicoquímicas y perfiles • Campaña de Perifiton • Campaña de Macroinvertebrados • Campaña Ictica • Usos - Oferta - Demanda - Presión y conflictos sobre el recurso hídrico • Ejercicio de retroalimentación Cada temática fue presentada por el profesional experto en cada tema y al final del ejercicio se resolvieron las preguntas relacionadas.

Fase	Logros
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 Fraile 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 de infraestructura pequeños acueductos • Construcción de sistemas de captación no tecnificado • Adecuación de los sistemas de conducción • Estrategia de adaptación al cambio climático • Capacidad de acción y presión • Articulación institucional • Seguimiento y control de los instrumentos de control • Acuerdos colaborativos del agua Este ejercicio permitió retomar los diálogos establecidos en la fase de prospectiva en torno a los factores de cambio priorizados y la cual se validó la siguiente visión: “En el año 2043 el ordenamiento del río Fraile, 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, el corto, mediano y largo plazo y se planteó un ejercicio de evaluación de usos potenciales de acuerdo con el decreto 1076 de 2015 con relación a los resultados de los siguientes parámetros por tramos: • Coliformes Totales • Coliformes Fecales • Sólidos suspendidos totales • Oxígeno Disuelto • DBO5

Fase	Logros
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 Fraile

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

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

Comunidad	Ubicación	Ubicación SubCuenca
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 la red hidrometeorológica y de calidad existente

En cuanto a la red hidrometeorológica y la red de monitoreo y de calidad se cuenta con la siguiente información

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 activas encargadas de realizar la medición de registro continuo de caudales, dos de ellas localizadas sobre el río Fraile en las estaciones La Industria y Buchitolo (Limnigráficas-LG) y una estación Limnimétrica (LM) 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. En la *Figura 2-3* se presenta la localización de la estaciones hidrometeorológicas del sistema Guachal.

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

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

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

(1) Sistema de referencia Magna Colombia Oeste

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

Fuente Hídrica	Estación de medición	Tipo de estación	Operador	Elevación (m)	Coordenadas (1)		Período recolección de Datos
					Este	Norte	
Fraile	La Industria	LG	CVC	1056	1090300,16	860555,69	2013-2021
	SM Fraile D1	LG	CVC	1187	1098624	856334	Abril 2022
Bolo	Los Minchos	LG	CVC	1394	1100392,68	869952,34	1992-2021
Guachal	Palmaseca	LM	IDEAM	935	1068903,35	885379,02	2018-2022

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

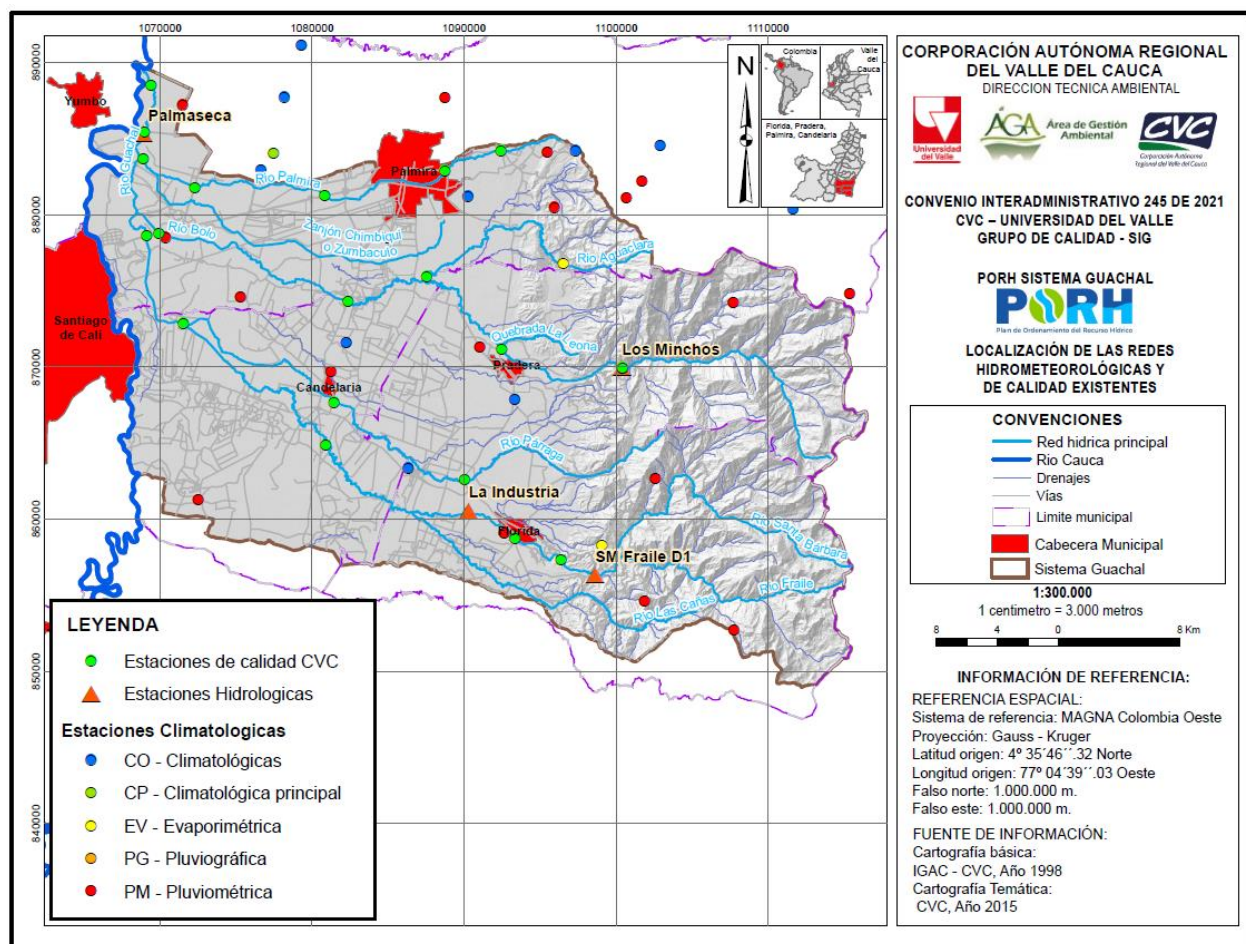


Figura 2-3. Estaciones hidrometeorológicas en el sistema Guachal

En el área del sistema Guachal confluyen las redes de estaciones climatológicas de CVC, Cenicaña e IDEAM, además de Celsia- EPSA y algunos particulares, las cuales actualmente realizan seguimiento a las variables de Precipitación (estaciones pluviométricas PM y pluviográficas PG), Evaporación (estación evaporimétrica) y Temperatura, Brillo Solar, Presión

barométrica, dirección del viento, entre otras (estación climatológica CO) identificadas en el área. 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.

2.3.2 Red de monitoreo de calidad existente

La CVC ha recopilado información de calidad del agua de forma regular cada seis meses en época seca y de lluvia, desde el año 2005, sobre diecisiete (17) puntos en los ríos Bolo, Fraile, Párraga, Palmira y Guachal. Para el caso específico del río Fraile la CVC cuenta con los datos históricos de 4 estaciones o puntos de monitoreo de calidad distinguidos como: Nacimiento Pedregal, Puente vía Miranda, Puente caserío Brisas de Fraile y Antes Desembocadura a río Guachal en la Recta Cali Palmira. Estos puntos fueron incluidos en las campañas 1 y 2 de calidad para la formulación del PORH; pero además se incluyó un punto de monitoreo adicional en donde se encuentra la estación limnigráfica (LG) en “La Industria”. La campaña 1 se ejecutó en la época seca del año 2022 ejecutada por el laboratorio Anascol S.A.S., y la campaña 2, en época húmeda del año 2023 por el laboratorio Saneamiento Ambiental SAAM S.A.S. Los puntos de monitoreo con datos históricos y el punto adicional incluido en las campañas 1 y 2 se listan en la Tabla 2-7, y se localizan en el mapa de la Figura 2-4.

La periodicidad de la red de monitoreo de CVC para todos los ríos que conforman el sistema permitió la recopilación y análisis de datos desde el año 2005 al 2022, completando un total de 29 campañas de las cuales 10 se realizaron en temporada seca y 19 en temporada húmeda (Tabla 2-7).

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

Nombre	Latitud (1)	Longitud (1)	Distancia aguas abajo desde	Años de información recopilada	No. total, de campañas	No. campañas tiempo seco	No. campañas tiempo húmedo	Campaña 1 PORH	Campaña 2 PORH
Nacimiento El Pedregal	1096541.923	857281.883	24.4	2005 a 2022	29	10	19	Sí	Sí
Puente vía Miranda	1093354,99	858753,844	26.3	2005 a 2022	29	10	19	No	No
La Industria	1090802,264	860344,1938	32.6	Sin información	29	-	-	Sí	Sí
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	1080893.236	864892.607	52.1	2005 a 2022	29	9	20	Sí	Sí
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	1069111,721	878602,4925	77.6	2005 a 2022	28	9	19	Sí	Sí

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

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

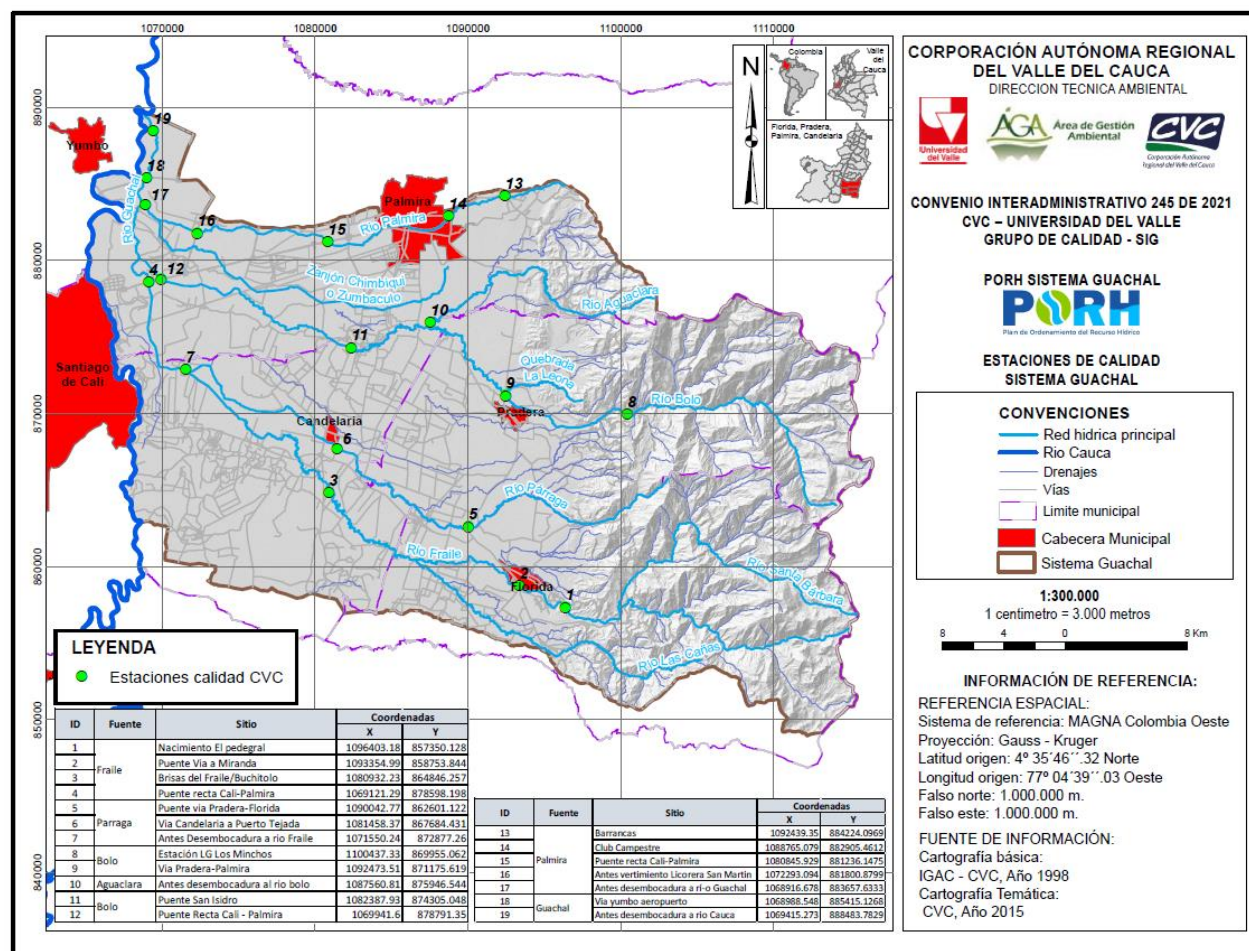


Figura 2-4 Red de Estaciones calidad de CVC ubicadas en el Sistema Guachal incluidos los puntos sobre el río Fraile

2.4 Oferta hídrica del río Fraile

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.

Con el fin de generar y validar las series de caudales para cada punto de interés se implementó el modelo hidrológico HEC – HMS, el cual se fundamenta en la relación lluvia – escorrentía que permite generar caudales en función de la precipitación, parámetros de forma (morfométrica de

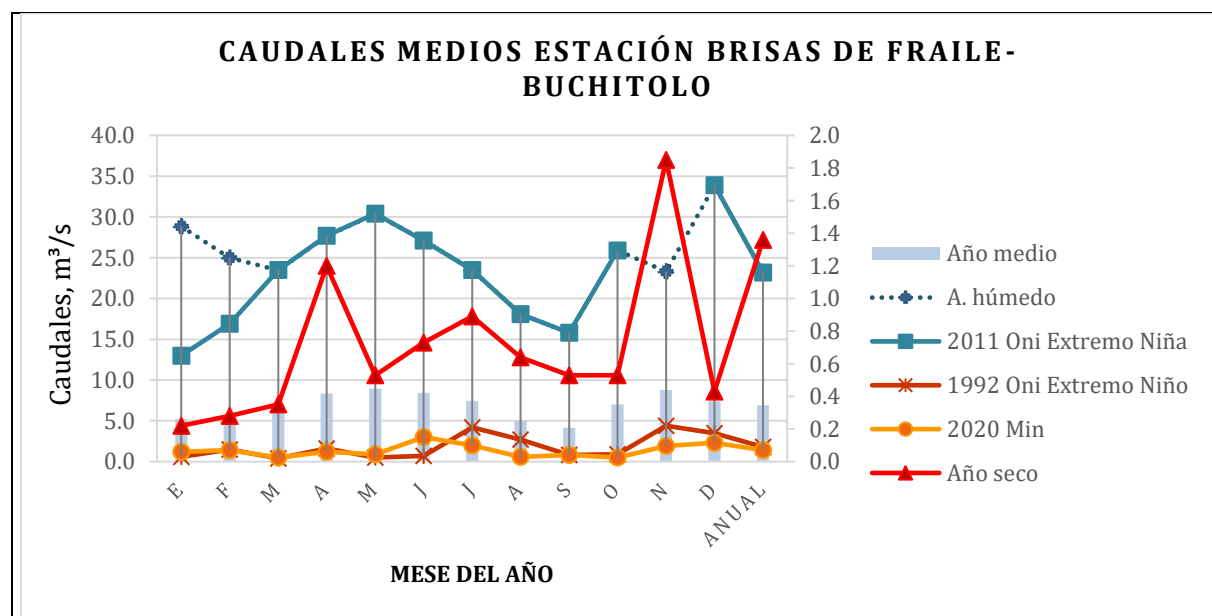
la subcuenca) y de parámetros de abstracción. Las estaciones de caudal para el sistema Guachal que se usaron para calibrar el modelo de flujo continuo se listan en la Tabla 2-6.

Con el fin de calcular la oferta hídrica total media mensual para año normal, se utilizaron los valores de caudales específicos. En este sentido, El régimen de caudales sobre el río Fraile se registra en las estaciones La Industria y Bisas del Fraile -Buchitolo. En la estación La Industria el caudal año medio multianual es 3,5 m³/s, mientras que en la estación Brisas del Fraile-Brisas del Fraile es de 6,9 m³/s, como lo muestra la Tabla 2-8.

Tabla 2-8. Caudales medios observados en las estaciones hidrológicas del río Fraile (m³/s)

Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Caudales medios Estación Brisas del Fraile - Buchitolo	Húmedo	28,8	25,0	23,5	27,7	30,4	27,1	23,5	18,1	15,8	25,9	23,3	33,9	23,2
	Medio	5,2	4,9	6,4	8,3	8,9	8,4	7,5	5,0	4,2	7,0	8,8	7,4	6,9
	Seco	0,2	0,3	0,4	1,2	0,5	0,7	0,9	0,6	0,5	0,5	1,9	0,4	1,4
Estación	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Caudales medio Estación Fraile La Industria	Húmedo	5,5	4,0	5,9	4,6	6,0	11,4	11,8	5,3	3,5	5,7	7,4	9,3	8,4
	Medio	2,9	2,5	3,5	3,0	3,9	6,0	5,5	3,1	2,5	2,8	3,8	2,7	3,5
	Seco	1,8	1,6	2,1	1,5	2,4	2,8	2,5	1,9	1,7	1,7	2,4	1,6	2,2

En río Fraile, en el año seco, el caudal promedio se reduce de la media el equivalente al 20% en Brisas del Fraile-Buchitolo y 63% en Fraile La Industria. En el año húmedo los registros superan 1.88 y 3.5 veces el caudal medio (Figura 2-5).



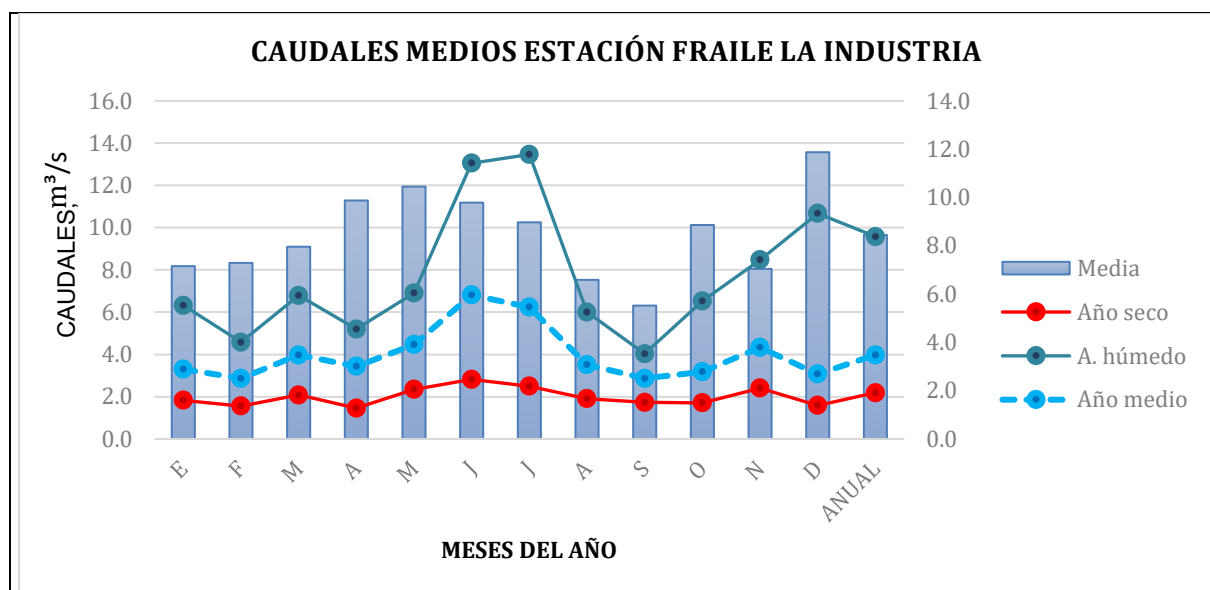


Figura 2-5. Régimen de caudales de río Fraile observados en las estaciones Las Brisas del Fraile-Buchitolo y Fraile La Industria

Para calcular la OHTS se adoptó la ruta metodológica propuesta por el IDEAM². Los resultados se obtuvieron a partir del promedio de la serie de datos registrados en las estaciones y las proyectadas m³/s (Tabla 2-9).

Tabla 2-9. Oferta Hídrica Total Superficial OHTS de los tramos del Sistema Fraile, caudales medios mensuales (m³/s)

Oferta Hídrica Total Superficial OHTS del Río Fraile (m³/s)															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Medio	1,59	1,18	1,76	3,20	4,13	5,05	6,74	4,90	3,44	3,59	4,09	2,98	3,55
		Húmedo	5,29	3,09	5,79	7,75	8,08	11,32	19,68	9,56	6,12	7,71	9,11	8,00	8,46
		Seco	0,20	0,08	0,13	0,40	1,51	1,52	1,45	1,80	1,32	1,65	1,52	0,61	1,02
GF2	La Industria	Medio	2,89	2,51	3,48	3,01	3,91	5,96	5,46	3,07	2,51	2,78	3,79	2,69	3,51
		Húmedo	5,53	4,01	5,94	4,55	6,04	11,42	11,78	5,25	3,53	5,71	7,42	9,34	6,71
		Seco	1,83	1,56	2,08	1,46	2,35	2,82	2,50	1,91	1,73	1,71	2,41	1,59	2,00
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Medio	5,23	4,93	6,36	8,34	8,94	8,43	7,45	4,99	4,17	7,02	8,78	7,41	6,84
		Húmedo	28,82	24,98	23,47	27,67	30,38	27,14	23,47	18,14	15,77	25,90	23,31	33,87	25,24
		Seco	0,22	0,28	0,35	1,20	0,53	0,73	0,89	0,64	0,53	0,53	1,85	0,43	0,68
GF4	Recta Cali Palmira	Medio	4,41	5,19	4,04	10,88	15,30	7,55	6,89	4,93	3,48	4,31	10,23	7,69	7,07

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

[PROPUESTA DE CONTENIDO MINIMOS HOJAS TÉCNICAS VARIABLES Y FICHA METODOLÓGICAS INDICADORES \(ideam.gov.co\)](http://ideam.gov.co)

Oferta Hídrica Total Superficial OHTS del Río Fraile (m³/s)															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
		Húmedo	15,40	20,74	13,85	27,59	28,95	13,89	14,78	7,23	4,61	8,74	24,45	14,78	16,25
		Seco	0,92	0,07	0,20	0,33	1,99	2,62	1,11	1,31	1,00	1,59	1,45	1,03	1,14

2.5 Caudal Ecológico

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.

De acuerdo con las consideraciones de la metodología para el cálculo del Índice de Escasez (IDEAM 2013) y en consonancia con lo dispuesto en la Resolución la 0100 No. 0600- 0671 de 2012, el caudal ambiental resulta de afectar la serie de caudales de oferta hídrica total por un porcentaje del 25% (Tabla 2-10), con ajustes de este porcentaje en el año hidrológico seco debido a los requerimientos para el cumplimiento de los objetivos de calidad.

Tabla 2-10. Porcentaje asociado para el Caudal Ecológico en el río Fraile

Fuente Hídrica	Caudal Ecológico/ Reducción x estiaje
Fraile	25%

Los resultados al aplicar el caudal ecológico (25%) sobre la serie de datos de la OHTS se reportan en la Tabla 2-11.

Tabla 2-11. Caudal medio ecológico mensual multianual (m³/s)

Caudal Ambiental (m³/s) (25%)															
	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Medio	0.40	0.32	0.44	0.80	1.03	1.26	1.69	1.23	0.86	0.90	1.02	0.75	0.89
		Húmedo	1.32	0.77	1.45	1.94	2.02	2.83	4.92	2.39	1.53	1.93	2.28	2.00	2.11
		Seco	0.20	0.08	0.13	0.32	0.38	0.38	0.36	0.45	0.33	0.41	0.38	0.32	0.31
GF2	La Industria	Medio	0.72	0.63	0.87	0.75	0.98	1.49	1.37	0.77	0.63	0.70	0.95	0.67	0.88
		Húmedo	1.38	1.00	1.49	1.14	1.51	2.86	2.95	1.31	0.88	1.43	1.86	2.34	1.68
		Seco	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.71	0.63	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.62
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Medio	1.31	1.23	1.59	2.09	2.24	2.11	1.86	1.25	1.04	1.76	2.20	1.85	1.71
		Húmedo	7.21	6.25	5.87	6.92	7.60	6.79	5.87	4.54	3.94	6.48	5.83	8.47	6.31
		Seco	0.22	0.28	0.35	0.61	0.53	0.61	0.61	0.61	0.53	0.53	0.61	0.43	0.49
GF4		Medio	1.10	1.30	1.01	2.72	3.83	1.89	1.72	1.23	0.87	1.08	2.56	1.92	1.77

Caudal Ambiental (m³/s) (25%)															
	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
	Recta Cali Palmira	Húmedo	3.85	5.19	3.46	6.90	7.24	3.47	3.70	1.81	1.15	2.19	6.11	3.70	4.06
		Seco	0.92	0.07	0.20	0.33	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.78

2.6 Caudal de oferta 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. En la Tabla 2-12 se presenta la OHD para cada uno de los puntos de monitoreo establecidos en el río Fraile.

Tabla 2-12. Oferta Hídrica Disponible OHD en los sectores de análisis del río Fraile

RÍO FRAILE Oferta Hídrica Disponible (m³/s)															
	Punto	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Medio	1.19	0.86	1.32	2.40	3.10	3.79	5.06	3.68	2.58	2.69	3.07	2.24	2.66
		Húmedo	3.97	2.32	4.34	5.81	6.06	8.49	14.76	7.17	4.59	5.78	6.83	6.00	6.34
		Seco	0.00	0.00	0.00	0.08	1.13	1.14	1.09	1.35	0.99	1.24	1.14	0.29	0.70
GF2	La Industria	Medio	2.17	1.88	2.61	2.26	2.93	4.47	4.10	2.30	1.88	2.09	2.84	2.02	2.63
		Húmedo	4.15	3.01	4.46	3.41	4.53	8.57	8.84	3.94	2.65	4.28	5.57	7.01	5.03
		Seco	1.22	0.95	1.47	0.85	1.74	2.12	1.88	1.30	1.12	1.10	1.80	0.98	1.38
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Medio	3.92	3.70	4.77	6.26	6.71	6.32	5.59	3.74	3.13	5.27	6.59	5.56	5.13
		Húmedo	21.62	18.74	17.60	20.75	22.79	20.36	17.60	13.61	11.83	19.43	17.48	25.40	18.93
		Seco	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.12	0.28	0.03	0.00	0.00	1.24	0.00	0.19
GF4	Recta Cali Palmira	Medio	3.31	3.89	3.03	8.16	11.48	5.66	5.17	3.70	2.61	3.23	7.67	5.77	5.31
		Húmedo	11.55	15.56	10.39	20.69	21.71	10.42	11.09	5.42	3.46	6.56	18.34	11.09	12.19
		Seco	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.64	0.13	0.33	0.02	0.61	0.47	0.05	0.36

2.7 Demanda hídrica total (DHT)

La Demanda Hídrica total cuantifica la suma del volumen de agua sustraído y utilizado para los diferentes usos. La demanda hídrica de las actividades socioeconómicas se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$DH = UD + USS + UPFF + USA + USP + UR + USI + UE + UM + USAC + UNT + CR$$

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

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

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 en la Demanda Hídrica Total para el río Fraile se consideraron los usos de consumo humano y doméstico, industrial, agrícola y pecuario, cuyas expresiones matemáticas para su cálculo se detallan en la Tabla 2-13.

Tabla 2-13. Expresiones matemáticas para el cálculo de las demandas de uso de uso del agua a emplear en el sistema Guachal

Demanda de Agua	Descripción	Expresión Matemática	
Uso Doméstico (DUD)	Cantidad de agua consumida por la población urbana y rural para suplir sus necesidades, expresada en términos de volumen en metros cúbicos	DUD = Demanda per cápita urbana * habitantes urbanos + Demanda per cápita rural * # habitantes rurales	
Uso Industrial (DUI)	Cantidad de agua consumida por los diferentes sectores de la industria manufacturera y extractiva	$D_{ui} = \sum_{i=1}^n Vp_i * Fc_{ji}$	D_{ui} = Demanda de agua para uso industrial Vp_i = Volumen de producción según sector económico Fc_{ji} = Factor de consumo según sector económico
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	$DUA = \sum_i D_{ua}^i$ DUA =P-ETP*KC*A>0 No hay demanda DUA =P-ETP*KC*A<0 Si hay demanda	D_{ua} =Demanda del ienésimo cultivo P =Precipitación anual ETP =Evapotranspiración potencial H_i =No. hectáreas cultivadas KC_i =Factor de consumo ienésimo cultivo (caña) N = No. de cultivos considerados

Demanda de Agua	Descripción	Expresión Matemática	
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

Fuente: IDEAM, 2013

2.7.1 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 2020, RUA MF CVC 2020 en lo relacionado con volumen de agua consumido por municipio y volumen de agua consumido por actividad económica.

Para la demanda de uso doméstico se consideró la cobertura del sistema de abastecimiento regional (Acuavalle) de agua potable planteado para los centros poblados del municipio de Florida, San Antonio de los Caballeros (Florida) y Villa Gorgona, La Regina, El Arenal, Buchitolo y El Cabuyal del municipio de Candelaria y La vereda Pedregal del municipio de Florida, los cuales que tienen como fuente de abastecimiento al río Fraile.

Considerando que los cauces de estudio cubren la jurisdicción de varios municipios, se estableció el porcentaje que corresponde a cada municipio en la subcuenca del río Fraile y el porcentaje subcuenca del río Fraile (38,29%) con respecto de la cuenca Guachal como se resalta en la (Tabla 2-14).

Tabla 2-14. Representación porcentual de cada municipio en el recorrido del cauce de los ríos que conforman el sistema Guachal, resaltando la composición del río Fraile

Río	Municipio	Área, ha	% subcuenca	% cuenca
Fraile	Florida	27.236,40	56,50%	21,63%
	Pradera	-	0,00%	0,00%
	Candelaria	17.640,60	36,59%	14,01%
	Palmira	3.330,60	6,91%	2,65%
	Total	48.207,60	100,00%	38,29%
Bolo	Pradera	26.847,10	65,47%	21,32%
	Florida	-	0,00%	0,00%
	Candelaria	1.482,50	3,62%	1,18%
	Palmira	12.677,20	30,91%	10,07%
	Total	41.006,80	100,00%	32,57%
Párraga	Candelaria	6.963,00	31,37%	5,53%
	Florida	5.598,90	25,22%	4,45%
	Palmira	1.029,90	4,64%	0,82%

Río	Municipio	Área, ha	% subcuenca	% cuenca
	Pradera	8.606,80	38,77%	6,84%
	Total	22.198,60	100,00%	17,63%
Palmira	Palmira	9.600,20	100,00%	7,63%
Guachal	Palmira	4.883,90	100,00%	3,88%
	Total	125.897,10		100%

Los datos de población utilizados corresponden a la proyección DANE para el año 2023, a partir del ajuste al Censo 2018 para el Valle del Cauca (Tabla 2-15).

Tabla 2-15. Población 2023 municipios que conforman el sistema Guachal

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

Fuente: (DANE 2020)³

De los Censos ICA 2022 se presenta las poblaciones de porcinos, aves, bovinos, búfalos, caprinos, ovinos y equinos para cada uno de los municipios que hacen parte del sistema Guachal (Tabla 2-16).

Tabla 2-16. Poblaciones pecuarias por municipios que hacen parte del sistema Guachal

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

Fuente: Censos ICA 2022

En la Tabla 2-17 se indican los requerimientos de agua para las dotaciones pecuarias, bovinos, porcinos, equinos y aves. La demanda de agua para uso pecuario se determina con la multiplicación del número de animales por cada especie y el promedio de agua empleada por animal de acuerdo con el estado de desarrollo.

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 2-17. Dotaciones pecuarias

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

En la Tabla 2-18 se recogen los volúmenes (m³) de agua consumidos por el sector manufacturero de los municipios en el sistema Guachal de acuerdo con lo reportado por el Registro Único Ambiental-RUA-, CVC 2020.

Tabla 2-18. RUA Sector Manufacturero – Volumen de agua consumido por municipio m³

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

Fuente: CVC 2020

Para establecer la Demanda Agrícola por tramos de cada uno de los cauces del sistema Guachal, el cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ET₀) se realizó a partir de la ecuación Penman-Monteith⁵ y Thornwaite (FAO, 2006). En la Tabla 2-19 se resumen los resultados de Evapotranspiración de referencia (ET₀, mm) adoptada para cada uno de los tramos del cauce del río Fraile.

⁴ Pozo/Acuífero

⁵ Boletín 56-FAO

Tabla 2-19. Evapotranspiración de referencia (ET_0 , mm) por tramos de los cauces sistema Fraile

RÍO FRAILE (ET_0)														
Tramos		Meses												
Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Antes Nacimiento Pedregal	Nacimiento Pedregal	108.18	96.9	106.9	98.08	98.29	99.41	110.	114.	107.9	104.3	98.08	105.	1247.6
Nacimiento Pedregal	La Industria	108.34	97.10	107.3	98.21	98.43	99.59	110.3	114.6	108.1	104.4	98.22	105.2	1249.6
La Industria	Brisas del Fraile	113.42	102.36	112.1	104.40	104.7	103.7	115.3	118.9	111.8	108.8	103.6	110.0	1309.0
Brisas del Fraile	Recta Cali-Palmira	113.55	104.32	113.9	106.84	108.2	105.0	118.1	120.8	114.9	110.5	103.0	111.7	1330.9

A continuación, en los siguientes acápites se presentan los resultados de la demanda por uso de agua doméstico (DUD), la demanda de uso agrícola (DUA), la demanda de uso pecuario (DUP) y la demanda de uso industrial (DUI).

2.7.2 Demanda de agua para el uso de consumo humano y doméstico

El río Fraile es la fuente de abastecimiento de la zona urbana de Florida, de los acueductos I y II El Pedregal y, en el marco del Acueducto Regional debe cubrir los requerimientos de los centros poblados San Antonio de los Caballeros (Florida) y Villa Gorgona, La Regina, El Arenal, Buchitolo y El Cabuyal del municipio de Candelaria.

Para la estimación de esta demanda, se utilizó la información publicada por el DANE en el censo nacional de población y vivienda 2018 para cada municipio del territorio nacional. El artículo 32 de la Resolución 844 de 2018, sobre abasto de agua para zonas rurales, establece un rango de dotación neta entre 20 L/hab*día a 200 L/hab*día, diferenciando el volumen para consumo humano, uso doméstico y la de subsistencia de la familia rural. Por otra parte, el artículo 43 de la Resolución No. 0330 de 2017 define la dotación neta máxima por habitante en función de la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida. De acuerdo con lo anterior, en la Tabla 2-20 se presenta la dotación per cápita establecida para el uso de consumo humano y las poblaciones abastecidas por el sistema del río Fraile. Se asume un 25% de pérdidas técnicas acorde con lo dispuesto en el parágrafo del artículo 44 de la Resolución No. 0330 de 2017.

Tabla 2-20. Dotación per cápita establecida para el uso de consumo humano y las poblaciones abastecidas por el sistema del río Fraile

Sitio	Población 2023 (habitantes)	Altitud (msnm) (1)	Dotación L/hab-día
El Pedregal I/II	1700	1144/1101	130
Florida ZU	41,249	1080	130
San Antonio de los Caballeros	6,221	1003,90	130
Villa Gorgona	25,667	962	140
La Regina	1,071	986,97	140
El Arenal	848	974,60	140
Buchitolo	1,516	963,83	140

Sitio	Población 2023 (habitantes)	Altitud (msnm) (1)	Dotación L/hab-día
El Cabuyal	5,404	1005	130

Fuente (1): Acuavalle 2006

A continuación, en la Tabla 2-21 se presenta la demanda para el uso de consumo doméstico mensual y anual sobre el río Fraile

Tabla 2-21 Demanda para el uso doméstico del río Fraile en Mm³/mes año 2023

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447	0.447

2.7.3 Demanda uso agrícola

Con las áreas de uso agrícola definidas por tramos, las EVT_0 y asumiendo el coeficiente del cultivo -Kc de la caña que es el cultivo predominante en la zona productora, se realizó el cálculo de la DUA en Mm³/mes aplicando la fórmula matemática según la Tabla 2-13. Los resultados del DUA se presentan por cada tramo del río Fraile en la Tabla 2-22.

Tabla 2-22. Demanda uso agrícola DUA en Mm³/mes

Desde	Hasta	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Nacimiento Pedregal	La Industria	6.6	5.9	6.5	6.0	6.0	6.1	6.7	7.0	6.6	6.4	6.0	6.4	76.1
La Industria	Brisas del Fraile	2.4	2.1	2.3	2.2	2.2	2.2	2.4	2.5	2.3	2.3	2.2	2.3	27.4
Brisas del Fraile	Recta Cali-Palmira	1.9	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	22.2

2.7.4 Demanda de uso pecuario

Con los insumos definidos se realizó el cálculo para la demanda de uso pecuario sobre el río Fraile y empleando la fórmula descrita en la Tabla 2-13, para cada una de las especies tal como se observan en la Tabla 2-23; al igual que los resultados por tramo del río Fraile (Tabla 2-24).

Tabla 2-23. Demanda de uso pecuario DUP en Mm³/mes

Especies	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Porcinos	40.3	36.4	40.3	39.0	40.3	39.0	40.3	40.3	39.0	40.3	39.0	40.3	475
Aves	177.4	160.2	177.4	171.6	177.4	171.6	177.4	177.4	171.6	177.4	171.6	177.4	2088
Bovinos	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.5
Equinos	0.40	0.36	0.40	0.38	0.40	0.38	0.40	0.40	0.38	0.40	0.38	0.40	4.7
Caprinos	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.0
Ovinos	0.028	0.025	0.028	0.027	0.028	0.027	0.028	0.028	0.027	0.028	0.027	0.028	0.3
Total	218	197	218	211	218	211	218	218	211	218	211	218	2569

Tabla 2-24. DUP asociada a los tramos del río Fraile (Mm³/mes)

Demanda de uso pecuario -DUP- asociadas a la cuenca del Río Fraile (Mm ³ /mes)															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	medio	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	1,05
GF2	La Industria	medio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,36
GF4	Brisas del Fraile (Buchitolo)	medio	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,36
GF5	Recta Cali Palmira	medio	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	1,00

2.7.5 Demanda Uso industrial

En la Tabla 2-25 se indica la DUI calculada desde el volumen de agua consumido por el sector industrial de acuerdo con el RUA 2020 (CVC).

Tabla 2-25. Demanda de uso industrial Mm³/mes

Río	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Fraile	0.169	0.153	0.169	0.164	0.169	0.164	0.169	0.169	0.164	0.169	0.164	0.169	1.99

2.7.6 Demanda hídrica total – DHT del río Fraile

En la Tabla 2-26 se muestran los resultados de la Demanda Hídrica Total por estación y para toda la subcuenca del río Fraile.

Tabla 2-26 Demanda Hídrica Total subcuenca río Fraile (Mm³/mes)

Demanda Hídrica Total punto GB1 Cuenca Río Fraile (Mm ³ /mes)															
ID	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual 2024
GF1	Nacimiento El Pedregal	DUDom	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	5.36
		*DUPec	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	1.07
		Dh GF1	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	6.43
GF2	La Industria	DUAgr	6.60	5.90	6.50	6.00	6.00	6.10	6.70	7.00	6.60	6.40	6.00	6.40	76.20
		*DUPec	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.36
		Dh GF2	6.63	5.93	6.53	6.03	6.03	6.13	6.73	7.03	6.63	6.43	6.03	6.43	76.56
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	DUAgr	2.40	2.10	2.30	2.20	2.20	2.20	2.40	2.50	2.30	2.30	2.20	2.30	27.40
		*DUPec	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.36
		Dh GF3	2.43	2.13	2.33	2.23	2.23	2.23	2.43	2.53	2.33	2.33	2.23	2.33	27.76
GF4	Recta Cali Palmira	DUAgr	1.90	1.70	1.90	1.80	1.80	1.80	2.00	2.00	1.90	1.80	1.70	1.90	22.20
		*DUPec	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	1.03
		DUInd	0.17	0.15	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	1.99
		Dh GF4	2.16	2.24	2.50	2.38	2.40	2.08	2.60	2.60	2.48	2.40	2.28	2.50	28.62
Total, Cuenca		DUDom	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	5.36
		DUAgr	10.90	9.70	10.70	10.00	10.00	10.10	11.10	11.50	10.80	10.50	9.90	10.60	125.80
		*DUPec	0.24	0.21	0.24	0.23	0.24	0.23	0.24	0.24	0.23	0.24	0.23	0.24	2.81
		DUInd	0.17	0.15	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.17	0.16	0.17	1.99
		DhT	11.76	10.51	11.56	10.84	10.86	10.94	11.96	12.36	11.64	11.36	10.74	11.46	135.96

2.8 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial

Con el propósito de conocer y comprender el estado actual de la dinámica que se genera en función del comportamiento de la oferta y demanda hídrica se contemplan indicadores que reflejan tanto del estado y disponibilidad del agua para evaluar la vulnerabilidad y amenaza en función de las actividades sociales y económicas, donde se identificaron: 1) índice de Uso del Agua (IUA), 2) índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH), 3) índice de Aridez (IA) y 4) índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH).

2.8.1 Índice de uso de 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. La categorización del IUA se relaciona en la Tabla 2-27.

Tabla 2-27. 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

El valor estimado del IUA para el río Fraile para año normal y seco muestra un alto grado de presión sobre la oferta del recurso en las diferentes estaciones. El valor del IUA para toda la cuenca es CRÍTICO para la mayoría de los meses del año, tal como se puede observar en la Tabla 2-28 y en la Tabla 2-29.

Tabla 2-28. Valor de IUA para el río Fraile, año normal

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al Río Fraile - Año Normal															
ID	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Dh	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	6.43
		Oh	1.19	0.86	1.32	2.40	3.10	3.79	5.06	3.68	2.58	2.69	3.07	2.24	31.96
		IUA GF1	45.0	61.3	40.7	22.4	17.3	14.2	10.6	14.6	20.8	19.9	17.5	24.0	20.1

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al Río Fraile - Año Normal															
ID	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF2	La Industria	Dh	6.63	5.93	6.53	6.03	6.03	6.13	6.73	7.03	6.63	6.43	6.03	6.43	76.56
		Oh	2.17	1.88	2.61	2.26	2.93	4.47	4.10	2.30	1.88	2.09	2.84	2.02	31.55
		IUA GF2	305.9	315.0	250.2	267.1	205.6	137.1	164.3	305.3	352.2	308.4	212.1	318.7	242.7
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Dh	2.43	2.13	2.33	2.23	2.23	2.23	2.43	2.53	2.33	2.33	2.23	2.33	27.76
		Oh	3.92	3.70	4.77	6.26	6.71	6.32	5.59	3.74	3.13	5.27	6.59	5.56	61.54
		IUA GF3	62.0	57.6	48.8	35.7	33.3	35.3	43.5	67.6	74.5	44.3	33.9	41.9	45.1
GF4	Recta Cali Palmira	Dh	2.16	2.24	2.50	2.38	2.40	2.08	2.60	2.60	2.48	2.40	2.28	2.50	28.62
		Oh	3.31	3.89	3.03	8.16	11.48	5.66	5.17	3.70	2.61	3.23	7.67	5.77	63.68
		IUA GF4	65.3	57.5	82.5	29.2	20.9	36.7	50.3	70.3	95.0	74.2	29.7	43.3	44.9
Total, Cuenca		Dh	11.76	10.51	11.56	10.84	10.86	10.94	11.96	12.36	11.64	11.36	10.74	11.46	135.96
		Oh	3.31	3.89	3.03	8.16	11.48	5.66	5.17	3.70	2.61	3.23	7.67	5.77	63.68
		IUA T	355.4	270.0	381.4	132.9	94.6	193.2	231.4	334.2	446.0	351.3	140.0	198.6	213.5

Tabla 2-29. Valor de IUA para el río Fraile, año seco

Índice de Uso del Agua – IUA ((Dh/Oh) *100) asociadas al Río Fraile - Año Seco															
ID	Estación	Demanda	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GB1	Nacimiento El Pedregal	Dh	0.54	0.53	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	6.43
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.08	1.13	1.14	1.09	1.35	0.99	1.24	1.14	0.29	8.45
		IUA	-	-	-	670	47.4	47.1	49.4	39.8	54.2	43.4	47.1	183.8	76.1
GB2	La Industria	Dh	6.63	5.93	6.53	6.03	6.03	6.13	6.73	7.03	6.63	6.43	6.03	6.43	76.56
		Oh	1.22	0.95	1.47	0.85	1.74	2.12	1.88	1.30	1.12	1.10	1.80	0.98	16.52
		IUA	543	624	444	709	346.6	289.8	358.9	540.8	592.0	584.5	335.0	656.1	463.4
GB4	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Dh	2.43	2.13	2.33	2.23	2.23	2.23	2.43	2.53	2.33	2.33	2.23	2.33	27.76
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.59	0.00	0.12	0.28	0.03	0.00	0.00	1.24	0.00	2.26
		IUA	-	-	-	378	-	1858	867.9	8433	-	-	179.8	-	1228
GB5	Recta Cali Palmira	Dh	2.16	2.24	2.50	2.38	2.40	2.08	2.60	2.60	2.48	2.40	2.28	2.50	28.62
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.64	0.13	0.33	0.02	0.61	0.47	0.05	4.26
		IUA	-	-	-	-	237.6	126.8	2000	787.9	12400	393.4	485.1	5000	671.8
Total, Cuenca		Dh	11.76	10.51	11.56	10.84	10.86	10.94	11.96	12.36	11.64	11.36	10.74	11.46	135.96
		Oh	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	1.64	0.13	0.33	0.02	0.61	0.47	0.05	4.26
		IUA	-	-	-	-	1074	667.1	9196	3744	58203	1861	2285	22911	3191

2.8.2 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 2-30 se describen las categorías del IRH según el IDEAM (2013)

Tabla 2-30. 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

Todas las estaciones en el río Fraile y durante todos los meses los valores del IRH muestran una BAJA capacidad de retención y regulación hídrica, lo que está relacionado con la cobertura del suelo que desde la zona alta se encuentran en potreros y en cultivo de caña. Las coberturas arbóreas son franjas muy angostas y fragmentadas a lo largo del cauce, lo que poco contribuye a la regulación (Tabla 2-31).

Tabla 2-31. Valores de IRH por tramos del Sistema Fraile

Índice de retención y regulación hídrica IRH asociadas al Río Fraile															
ID	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Todos	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
GF2	La Industria	Todos	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
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Todos	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
GF4	Recta Cali Palmira	Todos	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582	0,582

2.8.3 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-plantas, señalando aquellas zonas en las que la cobertura vegetal es susceptible de presentar déficit de agua dadas las condiciones climáticas y las necesidades ideales del recurso para su desarrollo

De acuerdo con la categorización relacionada en la Tabla 2-32, se estableció el estado de la presión sobre el recurso hídrico sobre el río Fraile

Tabla 2-32. Rangos y categorías para la evaluación del Índice de Aridez en los Estudios 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
Entre moderado a 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 (Tabla 2-33) expuesto en el mapa de la Figura 2-6, indican que se presentan disponibilidad moderada en el primer tramo y excedentes de agua en los últimos tres tramos del río Fraile.

Tabla 2-33. Índice de Aridez por sectores del Sistema Fraile

Sector	Río	Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	IA Anual
SF1	Fraile	Nacimiento El Pedregal	0,46	0,44	0,41	0,37	0,34	0,38	0,44	0,46	0,46	0,44	0,44	0,45	0,43
SF2	Fraile	La Industria	0,27	0,23	0,20	0,16	0,11	0,18	0,25	0,27	0,27	0,25	0,26	0,27	0,23
SF3	Fraile	Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	0,29	0,26	0,23	0,19	0,14	0,21	0,27	0,29	0,29	0,28	0,29	0,30	0,26
SF4	Fraile	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	0,23	0,20	0,16	0,15	0,04	0,03	0,15	0,20	0,23	0,21	0,23	0,26	0,18

2.8.4 Índice de vulnerabilidad hídrica

El índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) relaciona de forma cualitativa a) el Índice de Uso del Agua – IUA, y b) el Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH, mostrando la fragilidad de los sistemas hídricos superficiales de mantener la oferta de agua dadas sus condiciones de regulación y de demanda, con la posibilidad de presentar susceptibilidad al desabastecimiento, como se muestra en la Tabla 2-34.

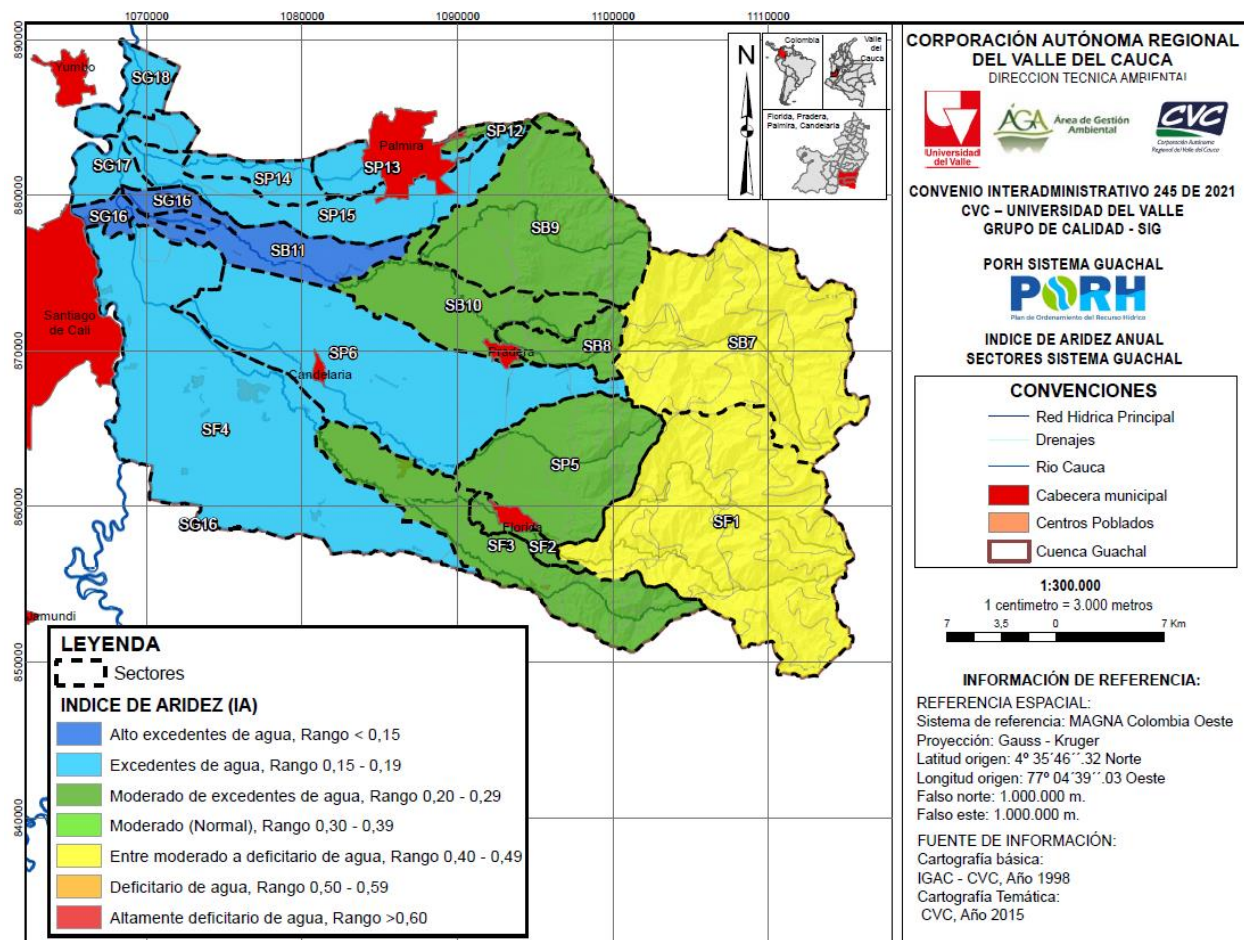


Figura 2-6. Índice de Aridez –IA- por sectores en el río Fraile

Tabla 2-34. 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 2-35 y en la Tabla 2-36 se presenta el IVH para la subcuenca del río Fraile en año normal y seco exponiendo una vulnerabilidad ALTA A MUY ALTA por desabastecimiento en la estación para todos los meses.

Tabla 2-35. IVH para los tramos del Sistema Fraile en año normal

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el Río Fraile asociadas al Río Fraile año normal															
	Estación	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
GF2	La Industria	Normal	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
GF4	Recta Cali Palmira	Normal	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 2-36. IVH para los tramos del Sistema Fraile en año seco

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el Río Fraile asociadas al Río Fraile año seco															
	Estacion	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Anual
GF1	Nacimiento El Pedregal	Seco	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF2	La Industria	Seco	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Seco	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF4	Recta Cali Palmira	Seco	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

2.9 Usos y usuarios del agua

Los usos y usuarios del agua se identificaron a partir de la revisión de información histórica de las captaciones, el esquema de distribución y reglamentación del río Fraile (Resolución 0100 No. 0600- 0671 DE 2012), los monitoreos de calidad de agua y vertimientos del período 1996 - 2022, los registros base de autoliquidación de tasa retributiva de las empresas años 2018, 2019 y 2020, registros base del cobro de tasa por uso. En campo se acudió al apoyo de los técnicos operativos CVC- Dar Sur Oriente para los recorridos de reconocimiento general, identificación de los sitios de derivación del flujo sobre el cauce principal, infraestructura de ocupación de cauce y vertimientos, sistemas de abastecimiento y PTAP, Sistemas de tratamiento de aguas residuales, actividades de extracción, de aprovechamiento y de explotación de materiales de arrastre, entre otros.

Se conformó un grupo de 6 personas para las visitas predio a predio, trabajando en parejas los recorridos. para el levantamiento de la información recopilando información sobre usos, registro fotográfico con identificación de sitio y coordenadas; esta información se trianguló con la información secundaria y con la recopilada en los talleres de participación con actores sociales durante la fase de diagnóstico.

Los usos identificados se describen por tramos definidos por puntos de monitoreo tal como se detalla en la Tabla 2-37.

Tabla 2-37. Usos identificados por tramos en el río Fraile

Tramo	Descripción	Longitud (Km)	Uso Actual
1	Desde el punto de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal en el kilómetro 24.4, hasta el punto de monitoreo GF2 - La Industria en el kilómetro 32.6.	8,2	Desde GF1 hasta la derivación 4, usos Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, preservación de flora y fauna, estético Desde la Derivación 4 hasta GF2, usos agrícola y paisajístico
2	Desde el punto de monitoreo GF2 - La Industria en el kilómetro 32.6, hasta el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile en el kilómetro 51.1.	19,5	Consumo agrícola e industrial
3	Desde el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1, hasta antes de la desembocadura del río Párraga sobre el río Fraile en el kilómetro 70.	17,9	Consumo agrícola, pecuario, Industrial
4	Desde antes de la desembocadura del río Párraga sobre el río Fraile en el kilómetro 70, hasta la confluencia del río Fraile con el río Guachal en el kilómetro 80.5	10,5	Consumo agrícola, pecuario, Industrial
Longitud total río Fraile		56,1	

2.9.1 Censo de usuarios

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

Específicamente para el río Fraile, el tramo de interés para el PORH es de 56,1 Km desde la estación “Nacimiento El Pedregal” hasta la confluencia con el río Bolo. Sobre este se identificaron las captaciones directas: Diez (10) derivaciones y tres (3) acueductos. Además, se identificaron doce (12) sitios de extracción de material de arrastre, obras de ocupación de márgenes, quince (15) vertimientos de centros poblados incluido varias PTARES de la zona urbana de Pradera y vertimientos por actividades productivas.

2.9.1.1 Captaciones del Recurso Hídrico Superficial Río Fraile

Las captaciones directas sobre el río Fraile son 60, de estas, diez (10) corresponde a las derivaciones descritas en la Tabla 2-40. Nueve (9) captaciones son compartidas por varios usuarios (D5, D7, D9, D15, D19-D47, D56 y D57) (Tabla 2-38). Del total de usuarios, 40 son

personas jurídicas y 29 son personas naturales (Tabla 2-39). Sus principales características se recogieron el Formato RURH con la información completa de usuario, predio y captación. En la Figura 2-7 se presenta la ubicación de las captaciones directas.

Tabla 2-38. Derivaciones del río Fraile

ID	Derivación	Margen	Observaciones	Coordenadas (1)	
				Norte	Oeste
D1	Derivación 1 - El Líbano	Izq.	Captación por Gravedad	1098836,09	856323,7792
D2	Derivación 2 - El Pedregal I	Der	Captación por Gravedad	1096426,951	857350,7632
D3	Derivación 3 - El Pedregal II	Der	Captación por Gravedad	1096059,25	857688,3585
D4	Derivación 4 - San Rafael de Balsilla	Izq.	Gravedad/Taponamiento invierno abril mayo 2022	1095027,743	858040,7399
D17	Derivación 5- Distrito de Riego Sincerín	Izq.	Captación por Bombeo Reemplazó el Punto Casa Teja	1084815,219	861316,2535
D23	Derivación 6- Guayabo Negro	Der.	Captación por Bombeo	1083101,176	862125,9113
D24	Derivación 7 - La Esmeralda	Izq.	Fuera de uso/Colapsada	1082375,372	862530,8474
D44	Derivación 8 -	Izq.	Captación por Bombeo	1072872,846	871905,4055
D45	Derivación 9-	Izq.	Captación por Bombeo	1072286,104	872249,048
D49	Derivación 10-	Izq.	Captación por Bombeo	1070180,372	872987,9395

(1) Coordenadas Magna Colombia Oeste

Tabla 2-39. Usuarios con captaciones directas al río fraile

Derivación	Usuario	*Tipo de Persona	Nombre del Predio	Coordenada Captación (1)		Q, lps
				Norte	Este	
D5	Gallo Tobón y Asociados S. en C.S.	J1	La Porfía	1091589,682	860166,6774	39.56
	Doris Caldas de Espinoza	N1	La Industria (Doris)			
	Mélida Caldas de Simons	N2	La Industria Mélida			
D6	Ingenio La Cabaña	J2	Hacienda Rio Fraile	1091398,341	860077,4316	87
D7	Barney Caldas Benjamín	N3	La Industria (Barney)	1090209,227	860672,3994	65.15
	Mery Perczek de Rosemberg	N4	Pérgola II			
	Ingenio La Cabaña	J3	Hacienda La Industria			
D8	Ingenio María Luisa	J4	María Luisa (R. Cauca)	1088502,261	860280,8728	43.66
D9	Ingenio María Luisa	J5	María Luisa (Moscú)	1088110,099	860372,7139	13.14
D10	Ingenio María Luisa	J6	María Luisa (Centro)	1088045,297	860332,727	35.34
D11	Ingenio María Luisa	J7	María Luisa (La Isla)	1086675,895	858608,2999	16.65
D12	Ingenio María Luisa	J8	María Luisa (Briante)	1086510,825	860435,9486	19.24
D13	Álvaro José Correa	N5	El Rhin	1086146,483	860487,8836	22.61
D14	Domínguez Navia	J9	La Generala	1086146,391	860604,6155	165.2
	Domínguez Navia	J10	La Generala 2			
D15	Abraham Domínguez y Cía. S. en C.	J11	La Bugueña	1085291,099	860751,3963	106.2

Derivación	Usuario	*Tipo de Persona	Nombre del Predio	Coordenada Captación (1)		Q, Ips
				Norte	Este	
	Abraham Domínguez y Cía. S. en C.	J12	El Rincón			
	Abraham Domínguez y Cía. S en C	J13	Guadualito /Trébol Sur			
	Inversiones Domínguez Bellini y Cía.	J14	Río Fraile	1085008.0	861122.0	
D16	Carlos Vélez	J15	Casa de Teja	1084843,04	861270,1968	
D18	Diego Antonio Domínguez Mejía	N6	El Trébol	1084821,365	861353,1209	56.98
	Diego Antonio Domínguez Mejía	N7	San Diego			
D19	Ingenio Mayagüez S.A.	J16	Sincerin, California, Esmeralda, Coloradas, Delicias, Alsacia y Pensilvania	1084700,988	861319,2367	214.1
D20	La Virginia S.A.	J17	Guayabo Negro 1	1084636,13	861352,9772	47.36
D21	La Virginia S.A. ⁽¹⁾	J18	La Palestina II	1083919,733	861552,0967	105.14
D22	Ingenio Mayagüez S.A -NVERAGRO	J19	Guayabo Negro 2	1083098,122	862082,9027	41.44
D25	Cruz Lozada S.A.	J20	Jerusalén	1082331,779	863022,3139	31.21
D26	Ingenio Mayagüez S.A.	J21	El Cofre	1081624,038	864050,856	76.61
	Montalvo Forero y Cía. Sen C	J22	Escocia			
	Familia Burgos	N8	El Nilo			
D27	Ingenio Mayagüez	J23	El Triunfo	1081126,75	864391,4598	
D28	Ingenio Mayagüez	J24	Valladolid	1080907,145	864950,3748	3.7
D29	Agropecuaria Ospina y Cía.	J25	Potrero de Párraga	1080823,326	865573,9005	17.12
D30	Ingenio Central Castilla S.A.	J26	Hacienda Buchitolo	1080541,032	867401,448	7.4
D31	Eduardo Cañón Bravo y Cía.	J27	El Arenal	1079680,599	866245,788	18.87
D32	Osiris Ltda.	J28	Hacienda Paraguay	1078919,219	868908,5249	0.96
D33	Eugenia Barney de Becerra y Otros	N9	La Guaca	1078323,738	868484,172	2627
D34	Fernando Paz Bautista	N10	La Guaca	1077968,729	868486,985	25.9
D35	Arcesio Paz	N11	La Guaca	1077968,729	868486,985	3.33
D36	Mayagüez	J29	Las Américas	1077860,753	868391,6792	3.06
D37	Domínguez Navia (Libia Calle Hoyos y Otros)	J30	Las Américas	1077870,078	868302,6024	3.06
D38	Harinera del Valle	J31	Santa Teresita	1076514,825	868378,4224	14.8

Derivación	Usuario	*Tipo de Persona	Nombre del Predio	Coordenada Captación (1)		Q, Ips
				Norte	Este	
D39	Quinque S.A.	J32	Guales	1075906,448	868712,82	18.41
D40	Adriana Patricia Mejía Hoyos	N12	Palomar (Antes Canadá)	1074127,066	870551,5977	15.43
D41	Antonio José Gómez Camacho	N13	Hacienda Grecia	1073864,466	870855,5261	35
D42	José Antonio Bueno Castro & CIA S.en C	J33	Las Palmas	1072937,717	871837,87	76.71
D43	Álvaro Bryon Jiménez	N14	Entreríos	1072872,846	871905,4055	7.22
D46	Gladis Mejía de Solano	N15	Potosí (Jordán, San José, Los Pinos)	1072177,994	872350,3444	19.59
47	Gladis Mejía de Solano	N16	Florencia	1071529,487	872743,0972	40.3
	Gladis Mejía de Solano	N17	Lote No.1 Florencia			
	María Isabel mejía	N18	Lote No.3 Florencia	1071530.4	872744.3	
	Arcesio Mejía quintero	N19	Lote No.2 Florencia			
	Francisco Alberto Mejía Jaramillo	N20	Lote No.1 Florencia			
D48	María Elena Calero Cruz	N21	El Silencio 1	1070180,372	872987,9395	28.86
	Clara Emma Peláez de Consuegra	N22	El Silencio 2			
D50	María Elena Calero Cruz	N23	Malayas	1069698,463	873537,4742	3.33
D51	Clara Emma Peláez de Consuegra	N24	Borneo	1069686,055	873629,6202	27.75
D52	Guerrero Quintero Hermanos LTDA	J34	Cantarrana	1069283,991	874815,0718	30.71
D53	Cecilia Bueno de Balcázar	N25	Campo Alegre	1069126,212	875352,5337	11.1
D54	Blanca Lucía Mejía Solano	N26	Casablanca	1069165,891	876034,5001	19.65
D55	Agromercol S.A.	J35	La Chica (Tafur)	1069205,837	876310,9887	16.7
D56	MA-Córdoba S.C.S.	J36	Hacienda El Guachal y Sn Alfonso	1069346,955	877628,8862	29.94
	Adriana Córdoba Chede	N27	Guachalito			
D57	Alfonso Castro Byrne	N28	San Marino	1068113,968	879766,0485	79.4
	Inversiones Castro Castro y Cía.	J37	Los Mangos			
	Inversiones Castro Castro y Cía.	J38	Cachiporras			
D58	SOCEIDAD EV SAS - José Vicente Borrero Velasco	J39	Guales (Cavasa)	1068391,609	880002,7594	18.7
D59	Hilde Rengifo Zamorano (Luis Rengifo y Sra)	N29	Guales	1068113,968	879766,0485	25.9
D60	Alejandro Vélez y Cía.	J40	Hacienda Maravelez	1068203,286	880060.9999	34.04

*Clasificación del usuario J-Persona Jurídica, N-Persona Natural
(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

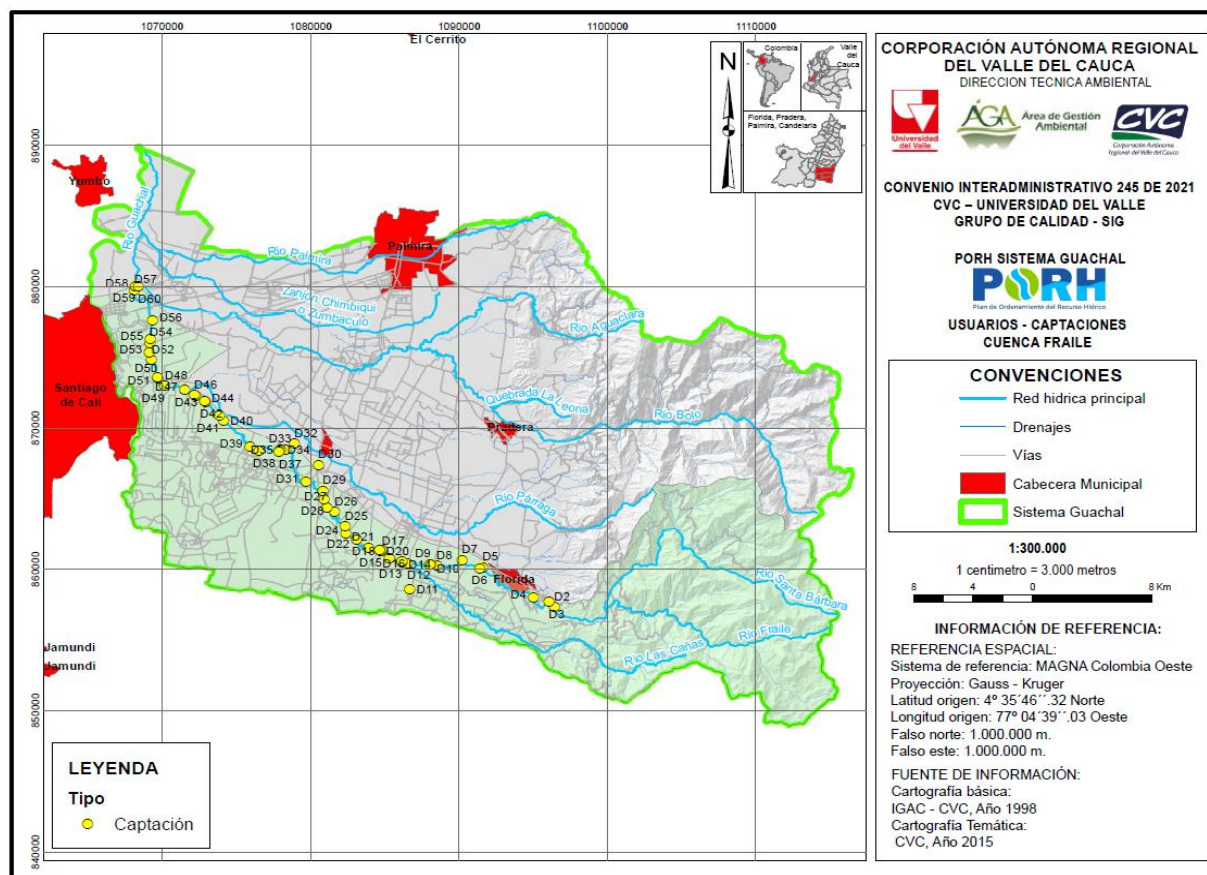


Figura 2-7. Ubicación captaciones directas sobre tramo PORH del río Fraile

2.9.2 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano

El río Fraile abastece tres sistemas de acueductos, Pedregal I, Pedregal II y el regional que abastece a Florida – Pradera- Candelaria este último abastece de agua a la cabecera municipal del municipio de Florida, San Antonio de los Caballeros y varios corregimientos del municipio de Candelaria (Tabla 2-40).

Tabla 2-40. Captaciones de agua para consumo humano en el río Fraile

Sitios de Toma Acueductos	Coordenada (1)		PTAP/ STAP	Q asignado lps	Poblaciones abastecidas
	Norte	Oeste			
El Pedregal I	1096062,354	857669,9294	Si	1.5	Corregimiento El Pedregal
El Pedregal II	1096062,354	857669,9294	Si	5.0	
	1096059,25	857688,3585	Si	345	Cabecera de Florida
					San Antonio de los Caballeros

Sitios de Toma Acueductos	Coordenada (1)		PTAP/ STAP	Q asignado lps	Poblaciones abastecidas
	Norte	Oeste			
Acueducto Regional Florida-Pradera- Candelaria					Villa Gorgona
					La Regina
					Arenal
					Cabuyal
					Buchitolo

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.3 Sitios de extracción de material de arrastre

En el tramo PORH del río Fraile se concentra el mayor número de puntos de extracción y acopio de material arrastre (Tabla 2-41)

Tabla 2-41. Sitios de extracción de material de arrastre

Sitios de extracción	Coordenadas (1)	
	Norte	Oeste
Sector Balsilla	1093170,72	858700,8507
Hacienda La Portia	1092351,217	859566,7529
Areneros Puente Calandra	1088312,368	860309,5955
Hacienda Guayabo Negro	1083811,886	861685,9478
Sector entre La Esmeralda y el Trapiche Cañadulce	1082666,596	862806,0008
Brisas del Fraile	1080895,484	864857,2886
Puente El Arenal	1080505,951	865600,3886
Caserío El Arenal	1080218,49	866084,9142
Hacienda La Fe	1079272,807	866229,5136
Hacienda Santa Teresita (Sector Villagorgona)	1076288,183	868456,8999
Puente El Silencio	1069733,207	873278,2368
Hacienda Guachal	1069342,976	877577,8916

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.4 Inventario de sistemas de tratamientos de agua residual

Los vertimientos al río Fraile se dan por uso doméstico, industrial y agrícola. De origen doméstico tipo ARD (Aguas residuales domésticas) se identificaron 16 vertimientos que se listan en Tabla 2-42, excepto el V17 y el V18, que se detallan en la Tabla 2-43, porque están asociados al fenómeno de la expansión urbanística que se está presentando en el municipio de Candelaria. Con respecto a los vertimientos de uso industrial o agrícola o tipo ARnD (Aguas residuales no domésticas) se identificaron 5 vertimientos al río Fraile (Tabla 2-42). En la Figura 2-8 se presenta la localización de los vertimientos en el río Fraile.

Tabla 2-42. Vertimientos al río Fraile

ID	Nombre	Tipo de vertimiento	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
V1	VPC5 - Colector Pubenza casco urbano Florida	ARD	28,74	1093415,572	858675,254
V-GF1	V-GF1 - Casco urbano Florida (VPC4- Pte. Andrés Pastrana Arango o Colector Fajardo)	ARD	28,86	1093350,68	858742,7817
V2	VPC6 - Colector Cien Palos o Puente Horizonte casco urbano Florida	ARD	29,25	1093041,832	858871,5415
V3	VPC7 - Colector carrera 19 casco urbano Florida	ARD	30,11	1092649,317	859365,7922
V-GF2	V-GF2 - Matadero + alcantarillado casco urbano Florida (VPC8-Colector Manuelaria)	ARD	30,75	1092207,617	859611,1753
V4	VPC9 - Urbanización El Cedro	ARD	31,26	1091833,803	859902,6955
V5	Ingenio María Luisa S.A.	ARNd	36,96	1087309,552	861542,4677
V6	San Antonio de los Caballeros (5%)	ARD	39,93	1085513,361	860779,2169
V7	Finca La Regina	ARD	49,83	1081565,452	863958,6559
V8	Brisas del Fraile (PSMV Asentamiento Brisas del Fraile)	ARD	52,06	1080938,106	864830,5953
V9	Porcicola El Arenal	ARNd	53,21	1080390,412	866538,1419
V10	Mirador del Fraile, PIDU o Dubái	ARD	53,3	1080656,48	865764,2313
V11	Porcicola Cervalle	ARNd	53,32	1080480,629	865610,5069
V12	Asociación Porcicola de Arenal S.A.S.	ARNd	53,33	1080471,366	865613,5718
V13	Arenal	ARD	53,87	1080523,425	866178,8333
V14	Pueblito Viejo + El Arenal	ARD	53,87	1080295,144	865957,4891
V15	Villa Silvena	ARD	54,57	1079989,013	866642,2863
V16	Pollos El Bucanero	ARNd	62,8	1076292,499	868464,2754
V-GF4	V-GF4 - Vertimiento corregimiento Villagorgona (Gorgona viejo + Buchitolo)	ARD	62,81	1076286,336	868448,9118
V-GF3	V-GF3 - Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	ARD	62,81	1076286,325	868464,271
V-GF5	V-GF5 - Vertimiento corregimiento Villagorgona - Zanjón Cavasa	ARD	67,53	1073496,87	871220,8188

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

Tabla 2-43. Otros Vertimientos al río Fraile, con proyección a incrementar el volumen de la descarga según desarrollo de los proyectos urbanísticos

ID PORH	Nombre	Tipo de vertimiento	Distancia agua abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)	Estado actual/Año entrega
V17	Villa Lorena	ARD	54,73	1079859,3	866691,3	2024
	Bosques de la Unión	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1078496,0	865077,6	2025

ID PORH	Nombre	Tipo de vertimiento	Distancia agua abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)	Estado actual/Año entrega
	EMAUS (Constructora La constructora S.A)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1077210,8	866462,1	2024
	Patio Verde (Constructora Bolivar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1077678,9	867964,6	2023
	Parque Verde (Constructora Bolivar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1077466,0	867866,1	Entregado
	Parcelación Campestre la Victoria (Constructora Bolivar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1077271,3	868130,1	Entregado
	Tulipanes (Constructora Habitamos)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1076364,1	867659,5	2025
	Azalea (Constructora Sudamericana)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075771,0	868184,4	2025
	Valle Dulce (Constructora Limonar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075724,7	868199,7	2024
	Caminos del Saman (Constructora Kromos y Vitana)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075511,6	868264,1	2024
	Ciudadela de los Angeles (Constructora Sudamericana)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075576,4	868411,5	Entregado
	Bello horizonte (Constructora Bolivar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075276,8	868518,9	2023
	Belohorizonte II (Constructora Bolivar)	ARD	V-GF5 - PTAR Cavasa	1075276,8	868518,9	2027
V18	FIRMATCO (Proyecto para incluir en escenarios)	ARD	77,56	1069127,2	878522,6	2028

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

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

Para definir las problemáticas y conflictos derivados del uso del recurso hídrico en el río Fraile, se tuvo en cuenta la propuesta metodológica definida en la Guía de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial, que define la revisión de la base de datos de registros y peticiones PQRS radicados en la entidad y contrastada con el análisis de la información de los instrumentos de planificación y de la calidad del recurso hídrico considerando el uso actual del suelo. De acuerdo con la revisión, las principales quejas están dadas por 4 causas que determinan los conflictos por los cuales el sistema hídrico se ve afectado (Tabla 2-44).

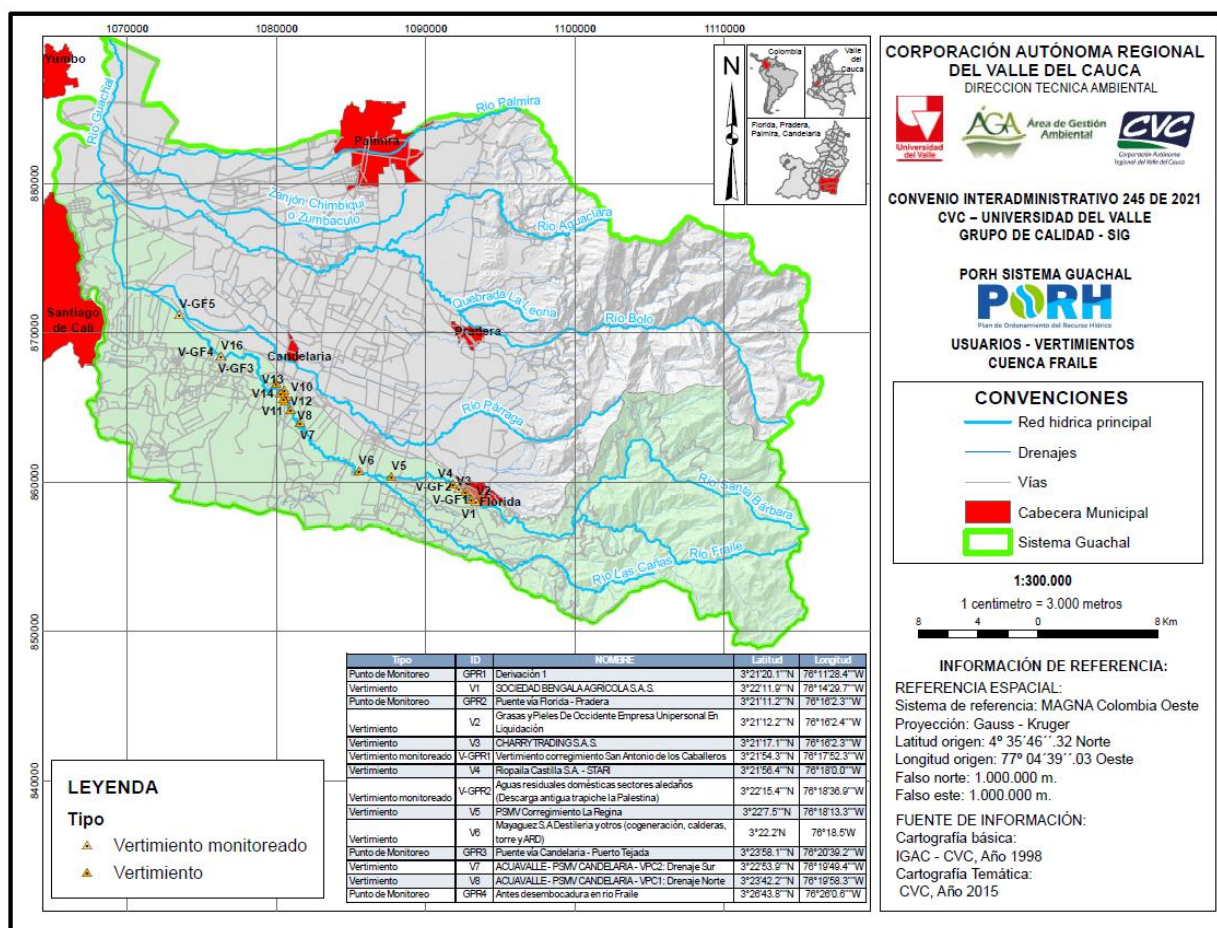


Figura 2-8. Mapa de localización de vertimientos al río Fraile según el listado de la Tabla 2-42

Tabla 2-44. Denuncias presentadas por afectaciones al recurso hídrico relacionadas con el Sistema Guachal

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

En el marco de la estrategia de participación social para el río Fraile y como resultado de los cuatro talleres de cartografía social, la comunidad identificó, como se describe en la Tabla 2-45, las siguientes problemáticas y conflictos relacionados con el uso del recurso hídrico, algunas se evidenciaron en campo y se georreferenciaron.

Tabla 2-45. Conflictos el río Fraile

Conflictos	Característica del Conflicto
Actividades Agrícolas y pecuarias	Actividad agrícola relacionada con el monocultivo de caña que demanda más agua para el riego que la ofertada por el río y que en época seca, aunque ASOFRAILE define un plan de turnos de riego a partir de los 2.166 lps, algunos usuarios no cumplen y son requeridos por la autoridad ambiental. Adicionalmente no todos los cultivadores de caña han implementado los PUEA'S. También se demuestra la contaminación difusa asociada al cultivo de caña cuando se encuentran concentraciones de fósforo y nitrógeno en el agua del río, componentes fundamentales de los fertilizantes y abonos. La actividad de cría y levante de cerdos y avícolas, los cuales generan vertimientos y estiércol afectando la calidad del del agua y demandan agua para los procesos, incluso antes de los acueductos Párraga I y II.
Actividades Agroindustriales	Actividades de transformación de la cosecha de la caña para producción de alcohol, panela y azúcar generan vinazas, las cuales algunas se aplican a los cultivos y otras se vierten al río sin permisos. Otras actividades de transformación que generan vertimientos como la producción de carne de res y de cerdo. Las concesiones de aguas con destino a procesos productivos, que generan vertimientos, esto sucede en zona urbana del corregimiento de Villa Gorgona donde las aguas domésticas se combinan con las aguas de la empresa Cargill, antes Pollos Bucanero.
Captaciones	Asociado a un número elevado de usuarios sin la concesión adecuada. En otros casos las captaciones reglamentadas presentan ausencia de sistema de medición, obligación legal que debe contemplarse en las concesiones de aguas que se otorga; además la ausencia de obras aprobadas para la captación del recurso, genera problemáticas debido que los canales que se suelen construir para la conducción del agua a los sistemas de riego, no cuentan con medidores de flujo. Asimismo, dado que en las cuencas la mayoría de captaciones se dan por gravedad, los beneficiarios tienden a considerar que no requieren la constitución previa de servidumbres para el ejercicio del derecho.
Vertimientos	Actividades comerciales (lavadero de carros): Vertimiento que llega directamente al sistema de alcantarillado afectando la infraestructura dispuesta y la calidad del recurso.
	Infraestructura pública (Sistema de alcantarillado): Generado principalmente por lodos provenientes del sistema de tratamiento de agua potable.
	Actividades Agrícolas- Agroindustriales: Generan vertimientos por el uso de materias primas (agroquímicos), excretas y labranzas no adecuadas que contaminan y deterioran la calidad del mismo.
	Actividades humanas: Las concesiones no reglamentadas generan vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo.
Disposición inadecuada de residuos sólidos.	Dada por el desarrollo urbanístico que en algunos casos afecta espacios de importancia para el recurso hídrico en este caso la afectación se da por la disposición inadecuada de residuos de demolición y construcción.

Fuente: Información recopilada durante los talleres de participación de formulación del PORH, corroborados en la fase de campo.

2.11 Calidad de agua

El análisis de los índices de calidad y contaminación del agua proporciona información detallada sobre la presencia de contaminantes específicos, sustancias químicas tóxicas o microorganismos patógenos, que pueden ser perjudiciales para la salud y el ecosistema acuático. Estos datos permiten identificar fuentes de contaminación, evaluar el cumplimiento de los estándares ambientales y tomar medidas correctivas para garantizar la calidad del agua.

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

Se establecieron cuatro (4) puntos de monitoreo sobre el cauce principal, para las 2 campañas correspondientes a la época seca y la de transición, en estos monitoreos se muestrearon parámetros in situ, fisicoquímicos, microbiológicos y recursos hidrobiológicos. Los puntos de monitoreo de calidad y cantidad seleccionados para el río Fraile para cada campaña se muestran en la Tabla 2-46 y el mapa de la Figura 2-9. También se monitorearon cinco puntos de vertimientos (Tabla 2-46). Se realizaron dos campañas de campo: una en tiempo seco (septiembre de 2022) y otra en tiempo húmedo (Marzo – abril de 2023).

Para la selección de los puntos de muestreo se consideraron relevantes los siguientes criterios: las descargas de los municipios, las afluencias de las corrientes de tercer orden y las salidas concesionadas; además, se tuvieron presentes otros aspectos para seleccionar o descartar algunos puntos, tales como la accesibilidad al sitio, la seguridad y la presencia de estaciones hidrométricas, soportada la decisión con visitas de reconocimiento a la zona de estudio.

Tabla 2-46. Estaciones de monitoreo de agua superficial y vertimientos en el río Fraile

Campaña	ID	Nombre	Latitud (1)	Longitud (1)
Monitoreo	GF1	Nacimiento El Pedregal	1096541.923	857281.883
	GF2	La Industria	1090802,264	860344,1938
	GF3	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	1080893.236	864892.607
	GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	1069111,721	878602,4925
Vertimientos	V-GF1	Vertimiento cabecero municipal de Florida	1093350,68	858742,7817
	V-GF2	Vertimiento Planta de Sacrificio Municipal Florida	1092198,461	859853,2361
	V-GF3	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	1076286,326	868463,6567
	V-GF4	Vertimiento corregimiento Villagorgona	1076263,482	868464,2548
	V-GF5	Vertimiento corregimiento Villagorgona - sector Cavasa	1073496,87	871220,8188

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

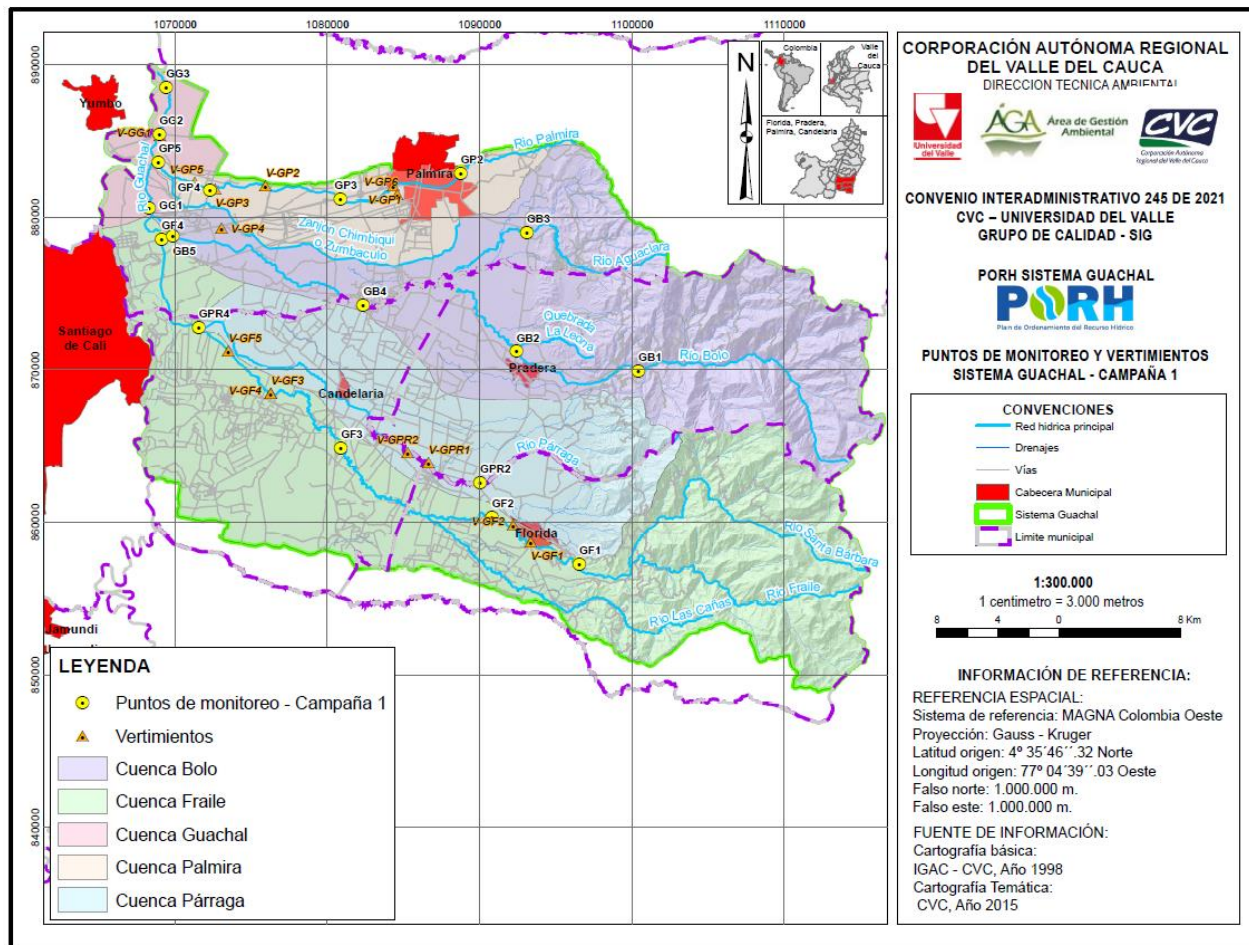


Figura 2-9. Puntos de monitoreo de calidad de agua superficial y vertimientos en el sistema Guachal, incluido el río Fraile

2.11.2 Caracterización hidráulica

Previo a la toma de muestras de cada una de las campañas sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, se realizaron las pruebas de trazadores. Estos ensayos fueron necesario para la estimación de los tiempos de viaje y la definición de los horarios de toma de muestra. El trazador empleado fue Cloruro de Sodio (NaCl), el cual por sus características químicas es conservativo, como lo recomienda el Minambiente (2018). La masa del trazador fue establecida en función del caudal de la corriente a través del criterio propuesto por Hudson y Fraser (2002), 3,0 kg/m³/s. El objetivo de la dosificación de la sal fue agregar suficiente masa para obtener una señal limpia de incremento de conductividad, sin que esto exceda el umbral de toxicidad, 400 mg/L (Moore 2004).

Las distancias de zona de mezcla fueron definidas por el equipo de calidad, empleando los criterios empíricos de Fisher y la EPA. De esta manera, se generó información sobre la ubicación

de las estaciones de seguimiento en la medición de la conductividad eléctrica, variable de detección del trazador. A partir de esta información, se realizaron los cálculos de los tiempos de viaje y los tiempos recomendados para la toma de muestra cómo se presentan en la Tabla 2-47.

Tabla 2-47. Resultados de pruebas de trazadores subcuenca río Fraile campañas C1 y C2

ID C1	ID C2	Nombre	Longitud del Ensayo (m)		Tiempo Primer Arribo (s)		Tiempo al Pico (s)		Tiempo Medio de viaje (s)		Fracción dispersiva	
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
P1	GF1-T1	Nacimiento Pedregal	50	60	5	50	20	253,72	21,48	98,23	0,77	0,49
	GF1-T2		110	120	5	150	40	128,02	41,88	192,53	0,88	0,22
P2	GF2-T1	La Industria	50	60	5	50	45	98,23	56,29	98,23	0,91	0,49
	GF2-T2		100	120	5	150	100	94,31	106,8	192,53	0,95	0,22
P3	GF3-T1	Brisas del Fraile	50	190	15	80	90	46,13	96,16	151,31	0,84	0,47
	GF3-T2		100	300	15	130	135	25,32	182,95	233,08	0,92	0,44
P6	GF4-T1	Recta Cali - Palmira	50	100	35	50	70	67,88	66,72	114,71	0,48	0,56
	GF4-T2		100	200	5	130	85	51,35	99,64	177,6	0,95	0,27

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

2.11.3 Resultados monitoreo de calidad y cantidad

En la Tabla 2-48 se presentan, para el río Fraile, los resultados obtenidos en los puntos de monitoreo en la primera campaña para aforos de caudal, los parámetros medidos in situ y los reportados por el laboratorio correspondientes a parámetros fisicoquímicos, metales y metaloides, iones y parámetros microbiológicos.

Tabla 2-48. Resultados de análisis fisicoquímicos Campaña 1 – Río Fraile

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	P1 (GF1)	P2 (GF2)	P3 (GF3)	P6 (GF4)
		Nacimiento Quebrada Pedregal	La Industria	Rio Fraile – Brisas Del Fraile	Rio Fraile Recta Cali - Palmira
IN SITU					
Aforo de caudal	L/s	2198	1895	1609	2126
pH	Unidades de pH	8.23	7.53	7.75	7.9
Conductividad	µs/cm	131	145	176	691
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	5.16	3.63	3.54	4.92
Temperatura	°C	19.05	23.48	20.66	28.61
Sólidos Sedimentables	mL/L	<0.1	0.3	<0.1	0.1
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS					
Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ / L	34.7	39.5	62.7	99.2
Dureza Total	mg CaCO ₃ / L	36.4	43.9	65.1	108
Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO ₅	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	20
DBO ₂₀ (20 días)	mg O ₂ /L	<5	< 5	<5	29
DBO ₅ Soluble	mg O ₂ /L	<5	<5	<5	12

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	P1 (GF1)	P2 (GF2)	P3 (GF3)	P6 (GF4)
		Nacimiento Quebrada Pedregal	La Industria	Rio Fraile – Brisas Del Fraile	Rio Fraile Recta Cali - Palmira
Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	<20.0	<20.0	<20.0	56.5
Carbono Orgánico Total ³	mg COT/L	3.73	4.07	4	7
Sólidos Disueltos Totales ³	mg/L	66	< 50	120	297
Sólidos Suspendidos Totales	mg SST/L	<10	11	87	63
Sólidos suspendidos Volátiles ³	mg/L	<11.6	<11.6	<11.6	<11.6
Turbiedad	NTU	<2.00	<2.00	13.3	<2.00
Nitrógeno Amoniacal	mg N-NH ₃ / L	<2.00	<2.00	<2.00	2.12
Nitrógeno Kjeldahl Total	mg NTK/L	<4.00	<4.00	<4.00	<4.00
Nitratos	mgNO ₃ - N/ L	<0.500	<0.500	0.52	<0.500
Nitritos	mg NO ₂ - N/ L	0.0337	0.0113	0.00606	0.151
Fosfatos	mg PO ₄ ³⁻ /L	<0.150	0.389	<0.150	0.644
Fósforo Total	mg P/L	< 0.0500	0.425	0.275	0.687
Aceites y Grasas	mg/L	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Surfactantes Aniónicos	mg SAAM/L ²	< 0.400	<0.400	< 0.40	1.17
Fenoles	mg Fenoles/L	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
METALES Y METALOIDES					
Cadmio Total	mg Cd/L	<0.0100	<0.0100	<0.0100	<0.0100
Zinc Total	mg Zn/L	<0.0500	<0.0500	<0.0500	<0.0500
Cobre Total	mg Cu/L	<0.0200	0.0238	0.0287	<0.0200
Cromo Total	mg Cr/L	<0.0200	<0.0200	<0.0200	<0.0200
Hierro Total	mg Fe/L	<0.200	0.38	2.15	1.18
Manganeso Total	mg Mn/L	<0.100	<0.100	<0.100	0.533
Mercurio Total	mg Hg/L	<0.00100	<0.00100	<0.00100	<0.00100
Níquel Total	mg Ni/L	<0.0500	< 0.0500	<0.0500	<0.0500
Plomo	mg Pb/L	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05
IONES					
Cloruros	mg Cl-/ L	<5.00	<5.00	<5.00	21.8
Magnesio Total	mg Mg/L	2.19	0.0821	0.178	0.312
Sodio Total	mg Na/L	5.07	8.22	5.35	21
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² / L	<10.0	12.1	13.1	21.7
Calcio Total	mg Ca/L	3.56	10.6	4.88	10.9
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Fecales	NMP/100mL	10	74500	459	5172
Coliformes Totales	NMP/100mL	309	364900	5172	17329
OTROS					
Clorofila	mg/m ³	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
Color real o verdadero	UPC	24	<10	<10	14

En la Tabla 2-49 se presentan los resultados de los parámetros físico químicos y microbiológicos registrados en la segunda campaña de monitoreo en los puntos definidos en el cuerpo de agua principal del río Fraile.

Tabla 2-49. Resultados de análisis fisicoquímicos Campaña 2 – Río Fraile

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	GF1	GF2	GF3	GF4
		Nacimiento El Pedregal	La Industria	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira
IN SITU					
Aforo del Caudal	L/s	3633,62	4444,13	4624,59	4762,41
pH	Unidades de pH	7.7	6.7	8	7.56
Conductividad eléctrica	us/cm	106	100	155	298
Oxígeno disuelto	mg/L	9.62	4.6	4.11	4.08
Saturación de Oxígeno disuelto	%	99	44	47	54
Temperatura de la muestra	°C	17.12	20.6	22.5	25.4
Sólidos Sedimentables In Situ	mL/L	0.3	0.3	0.5	1.9
Temperatura ambiente	°C	22.1	26.2	29.5	29.1
FISICOQUÍMICOS BÁSICOS					
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	37.2	76.6	58.6	117
Dureza Total	mg/L CaCO3	30.8	63	235	125
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O2	<2	< 2	< 2	< 2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O2	<2	< 2	< 2	< 2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Última	mg/ L O2	<2	< 2	< 2	6
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O2	<2	6	< 2	12
Carbono Orgánico Total	mg/L	<2	2.2	< 2.0	< 2.0
Solidos Disueltos Totales	mg/ L	56	68	78	148
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	56	208	96	455
Solidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	<20	20	< 20.0	38
Turbiedad	NTU	<30.9	62.3	100	191
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	<1	< 1.00	1.57	3.3
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Nitratos	mg/L N-NO3	1.2	1.5	0.9	4.6
Nitritos	mg/L N-NO2	0.042	< 0.010	0.085	0.317
Nitrógeno Total - Cálculo SAAM	mg/ L N	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Fosfatos	mg/L PO4	0.138	0.115	0.104	0.572
Fósforo Total	mg/ L P	<1	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Grasas y Aceites	mg/ L	<0.5	< 0.50	< 0.50	< 0.50
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/ L	<0.1	0.28	0.3	0.14
Fenoles	mg/ L	<0.15	< 0.15	< 0.15	< 0.15
METALES Y METALOIDES					
Hierro Total	mg Fe/L	0.363	2.35	0.865	0.248
Manganeso Total	mg Mn/L	0.023	0.105	0.191	0.006

VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	GF1	GF2	GF3	GF4
		Nacimiento El Pedregal	La Industria	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira
IONES					
Cloruros	mg/ L Cl	5.4	6.3	4.2	7.1
Magnesio Total	mg/ L Mg	2.4	3.6	6.4	12.6
Sodio Total	mg/ L Na	2.7	3	4.4	9
Sulfatos	mg/L SO4	285	7	11	23
Calcio Total	mg/ L Ca	8.3	9.3	18.4	24.1
MICROBIOLÓGICOS					
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	<1	200	300	11
Coliformes Totales	NMP/100 mL	*6800	*7400	*8000	300
OTROS					
Clorofila	mg/m3	<0.001	<0.001	0.29	<0.001
Color real o verdadero	uPt-Co	2.4	2.4	2.4	2.4

2.11.4 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).

Con el fin de evaluar el estado ecológico del río Fraile, 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, cuya localización se puede observar en el mapa de la Figura 2-10 y la comunidad de peces, en la Figura 2-11. Los puntos de monitoreo de la primera campaña se mantuvieron en la segunda campaña, aunque algunos puntos en la época de lluvia no se pudieron realizar por dificultades de acceso.

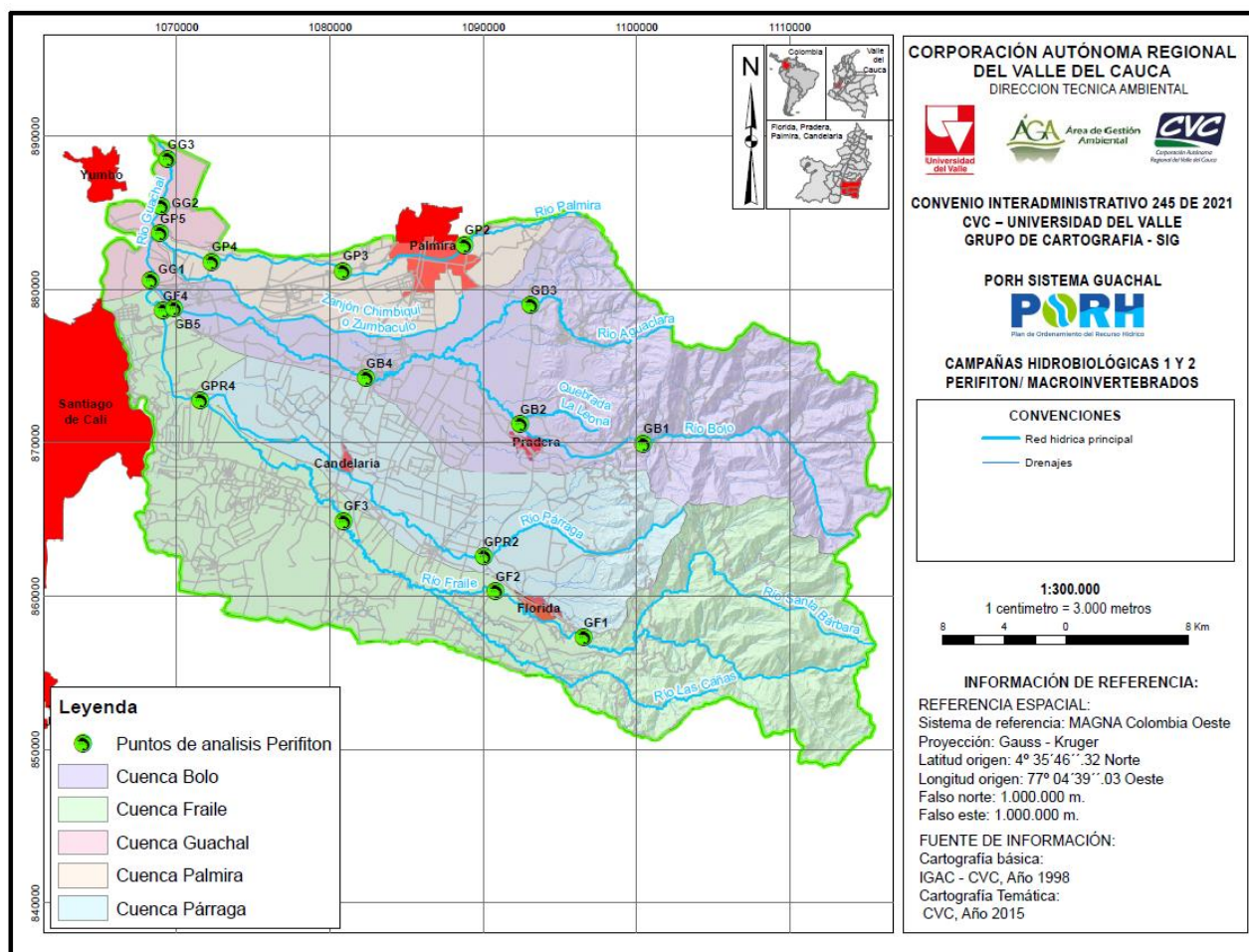


Figura 2-10. Puntos de monitoreo de las comunidades de perifiton y macroinvertebrados en el sistema Guachal, incluyendo el Río Fraile

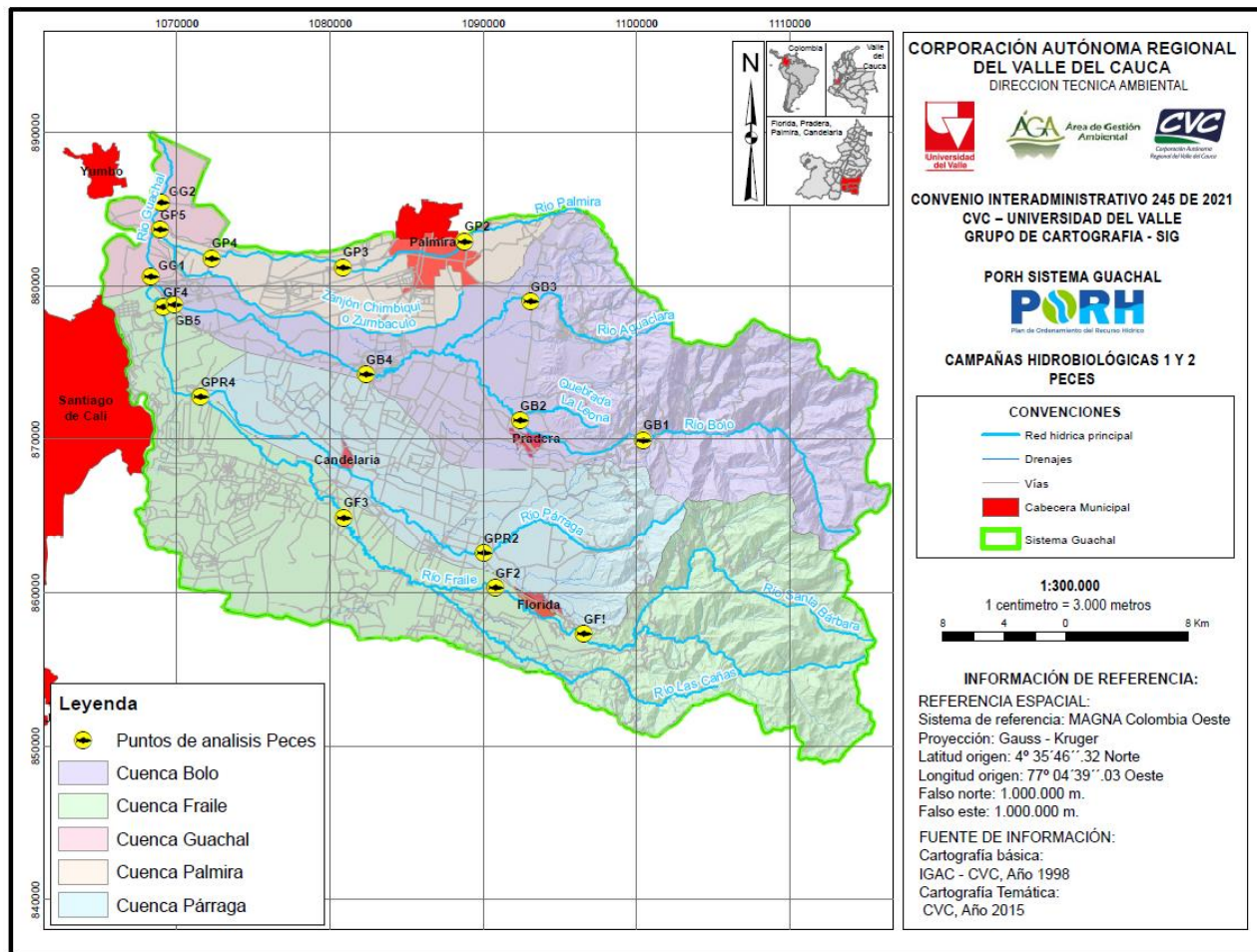


Figura 2-11. Puntos de monitoreo de las comunidades de peces en el sistema Guachal, incluyendo el Río Fraile

2.11.4.1 Perifiton

Composición general y grupos microalgales del río Fraile

La diferencia en términos de abundancia entre las dos campañas fue significativa y esto se vio reflejado en los resultados de densidad de perifiton por estación. Durante ambos periodos de muestreo, la morfoespecie *Navicula* sp1 fue la que alcanzó la mayor abundancia. Sin embargo, en el periodo seco alcanzó una densidad de 2323.05 individuos/cm² y en el muestreo de época lluviosa el valor alcanzado fue de 70.22 individuos/cm². Otras morfoespecies de alta densidad en el primer muestreo fueron *Nitzschia* sp1, *Gomphonema* sp, *Pinnularia* sp y *Nitzschia* sp2, todas ellas superando el valor de 100 individuos/cm². En el segundo monitoreo, las morfoespecies que superaron el valor de 10 individuos/cm² fueron *Frustulia* sp, *Nitzschia* sp1, *Navicula* sp2 y *Gyrosigma* sp. A nivel de morfoespecies, *Navicula* alcanzó la mayor densidad acumulada. Al respecto, se sabe que algunas especies de este género son consideradas como

organismos con alta tolerancia a la contaminación y a ambientes perturbados (Roldán, 2000) (Guillén, et al, 2012), así mismo, se encuentra en ambientes con alta carga orgánica. Su presencia en todos los puntos de monitoreo, puede estar relacionada con las características del cuerpo de agua, teniendo en cuenta que algunos reciben una carga contaminante proveniente de la contaminación difusa producida por las actividades agrícolas y ganaderas aledañas al cuerpo hídrico, además de los vertimientos puntuales que se observaron cerca a varios de los puntos monitoreados. Sin embargo, en puntos donde se espera que la calidad de agua no sea baja, *Navicula* también tuvo una presencia importante, indicando su carácter cosmopolita y su amplia plasticidad

El género *Gomphonema sp*, alcanzó una alta abundancia en el primer monitoreo, pero un valor bajo en el segundo. Este género es considerado como tolerante a la contaminación orgánica y principalmente se encuentra en aguas estancadas, a su vez es indicador de aguas moderadamente contaminadas a limpias (Streble & Krauter, 1987 y Ramírez, 2000). En general, la presencia desigual de *Navicula* entre las temporadas seca y lluviosa y la ausencia de un género como *Gomphonema* en tres de las estaciones en el periodo lluvioso, se debieron al mismo factor causante de las diferencias de abundancia general, haciendo referencia al factor climático con el correspondiente arrastre y crecientes observadas en la segunda campaña (Figura 2-12).

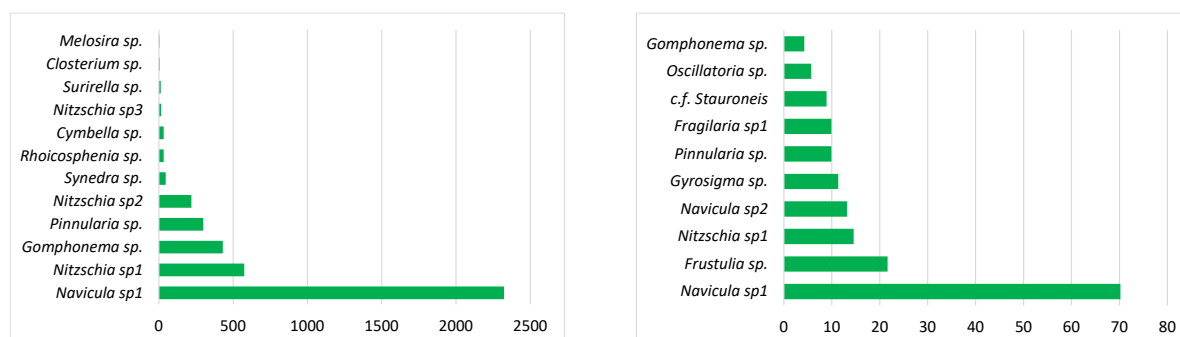


Figura 2-12. Densidad de morfoespecies de perifiton registradas en las campañas de monitoreo del río Fraile, Temporada seca (izquierda). Temporada de lluvias (derecha)
Fuente: Elaboración propia

Riqueza y densidad microalgal por estación en el río Fraile

La riqueza de morfoespecies fue superior en cada uno de los 4 puntos de monitoreo durante el muestreo correspondiente a la época seca. Los resultados de la abundancia mostraron amplios rangos de variación tanto entre los sitios de muestreo como entre las dos campañas. El mayor contraste de abundancia correspondió a la estación GF2, donde en el primer muestreo se alcanzó un valor de 2612.50 individuos/cm² y en el segundo disminuyó a 59.54 (Figura 2-13)

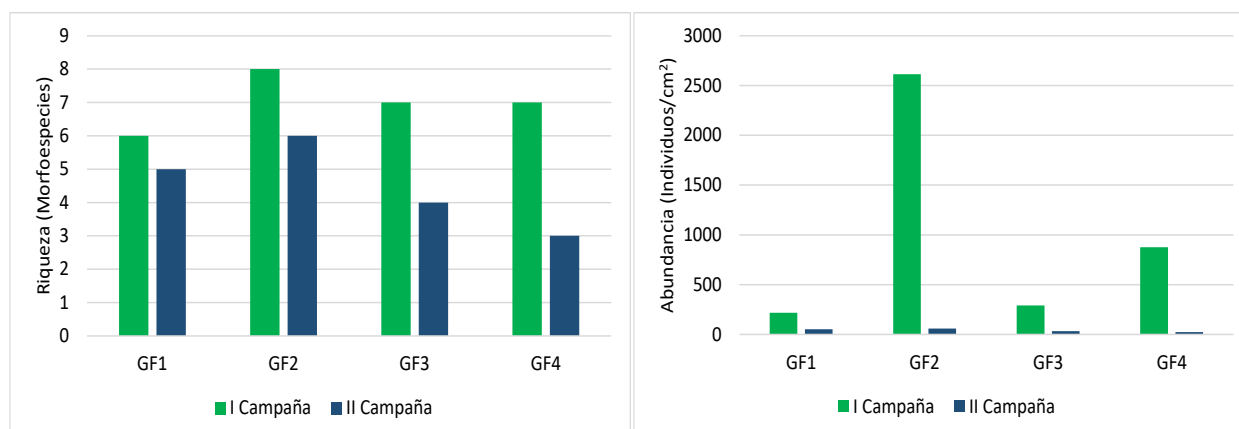


Figura 2-13. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa del río Fraile

Diversidad microalgal por estación en el río Fraile

Los resultados de equidad fueron superiores a 0.70 unidades en la mayor parte de los sitios, siendo la excepción GF2 y GF4 en el primer monitoreo cuando se alcanzaron de manera respectiva valores de 0.56 y 0.65 unidades indicando la presencia de morfoespecies dominantes en esos sitios. En el caso de la estación GF2, dicha dominancia fue causada por el alto valor de abundancia de *Navicula* sp1 y en el caso de GF4 además de *Navicula* sp1, *Nitzschia* sp1 contribuyó como especie co-dominante. Los resultados del índice de diversidad de Shannon indicaron que la comunidad fue pobre, ya que el rango de variación de este índice fue de 1.04 a 1.56 nits/individuo (Tabla 2-50).

Tabla 2-50. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante las campañas de muestreo del río Fraile

Estación	Riqueza (S)		Abundancia (N)		Pielou (J')		Shannon – Wiener (H')	
	I	II	I	II	I	II	I	II
GF1	6	5	218.11	53.34	0.80	0.97	1.43	1.56
GF2	8	6	2612.50	59.54	0.56	0.80	1.17	1.43
GF3	7	4	290.28	34.00	0.73	0.96	1.42	1.33
GF4	7	3	875.00	22.67	0.65	0.95	1.26	1.04

Fuente: Elaboración Propia

2.11.4.2 Macroinvertebrados

Composición macroinvertebrados bentónicos del río Fraile en época seca

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos en época seca estuvo compuesta por 3 Phylum, 4 Clases, 11 Ordenes, 28 familias y 43 morfoespecies. En total se recolectaron 1992 individuos, donde las familias dominantes fueron Baetidae (en estación GF1), Physidae (GF2), Elmidae (GF3) y Chironomidae (GF4) (Tabla 2-51).

Composición macroinvertebrados bentónicos del río Fraile en época de lluvia

En época de lluvia la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo compuesta por 2 Phylum, 3 Clases, 8 Ordenes, 16 familias y 20 morfoespecies. En total se recolectaron 508 individuos, donde las familias dominantes fueron Baetidae en la estación GF1, Elmidae en las estaciones GF2 y GF3 y Chironomidae en GF4. (Tabla 2-51).

Tabla 2-51. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos del río Fraile en época seca y de lluvia

Orden	Familia	Morfoespecie	Campaña 1				Campaña 2			
			GF1	GF2	GF3	GF4	GF1	GF2	GF3	GF4
Haplotaxida	Naididae	Naididae M1	0	0	0	8	0	0	0	1
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	Helobdella sp.	0	0	0	12	0	0	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis ?	0	0	0	0	0	0	0	4
		Camelobaetidium sp (Sin. Dactylobaetis)	0	11	0	0	1	0	0	0
		Paracloeodes	1	1	1	0	0	0	0	0
		Baetodes sp.	322	1	0	0	111	2	0	0
	Leptohyphidae	Leptohyphes sp.	0	29	1	0	0	8	0	0
		Cabecar sp.	1	0	2	0	0	0	0	0
		Tricorythodes sp.	61	0	0	0	0	0	0	0
	Leptophlebiidae	Thraulodes sp.	61	0	1	0	3	5	1	2
Odonata	Libellulidae	Elasmotheris sp.	0	0	1	0	0	0	1	0
	Calopterygidae	Hetaerina sp.	0	3	0	0	0	0	0	0
Megaloptera	Corydalidae	Corydalis sp.	0	0	1	0	0	0	0	0
Hemiptera	Delphacidae	Delphacidae M1	0	0	0	1	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	Sub. Tanypodinae M1	72	0	0	1	0	0	0	0
		Subf. Chironominae	4	9	1	87	21	8	0	0
		Chironominae M1	0	0	0	0	0	0	0	74
		Chironominae M2	0	0	0	0	0	0	0	5
		Pupa Chironomidae	0	3	0	9	0	0	0	0
		Atrichopogon sp.	0	0	0	2	0	0	0	0
	Ceratopogonidae	Probezzia sp.	0	0	1	0	0	0	0	1
		Pupa Ceratopogonidae	0	2	0	1	0	0	0	0
	Simuliidae	Simulium sp.	293	16	1	0	2	17	6	62
		Pupa Simuliidae	1	7	0	0	0	0	0	0
	Pupa Diptera	Pupa Diptera M1	0	1	0	0	0	0	0	0
	Diptera Larva	Diptera Larva M1	0	0	0	1	0	0	0	0
	Blephariceridae	Limonicola sp.	4	0	0	0	0	0	0	0
	Psychodidae	Maruina sp.	20	0	1	0	0	0	0	0
		Clogmia sp.	0	0	0	1	0	1	0	0
	Empididae	Hemerodromia sp.	1	0	0	0	0	0	0	0
Coleoptera	Hydraenidae	Gymnochthebius	0	0	0	1	0	0	0	0
		Hydraena	0	0	0	7	0	0	0	0
	Dytiscidae	Laccophilus sp.	0	0	0	1	0	0	0	0
		Berosus sp.	0	0	0	7	0	0	0	0
	Elmidae	Heterelmis sp.	6	1	62	0	1	24	73	1
		Heterelmis sp. (Larva)	1	7	699	4	0	37	0	0

Orden	Familia	Morfoespecie	Campaña 1				Campaña 2			
			GF1	GF2	GF3	GF4	GF1	GF2	GF3	GF4
		<i>Macrelmis (Adulto)</i>	0	0	0	0	4	0	0	0
		<i>Macrelmis (Larva)</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
	Staphylinidae	Staphylinidae M1	0	0	0	21	0	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp.</i>	26	0	3	0	4	0	8	1
		<i>Leptonema</i>	0	0	0	0	1	0	10	0
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche sp.</i>	2	0	0	0	0	0	0	0
	Leptoceridae	<i>Atanatolica sp.</i>	3	0	1	0	0	2	2	0
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp.</i>	3	0	0	0	0	0	0	0
	Glossosomatidae	<i>Glossosomatidae M1</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
Entomobryomorpha	Isotomidae	Isotomidae M1	0	0	0	12	0	0	0	0
Acari	-	Acari M1	0	0	4	1	0	0	0	0
	-	Acari M2	0	0	0	2	0	0	0	0
	-	Acari M3	0	0	0	1	0	0	0	0
Decapoda	Palaemonidae	Macrobranchium	0	0	0	0	0	0	0	1
Basommatophora	Physidae	<i>Physa sp.</i>	1	50	1	1	0	0	0	0
			886	141	783	182	151	104	101	152
			1992				508			

Diversidad de macroinvertebrados de las aguas del río Fraile

La mayor riqueza específica se presentó en la Estación GF1, tanto en época seca como en época de lluvias, esto debido a que en este tramo del río Fraile se encuentran diversidad de mesohábitat como rocas, gravas, arenas, hojarasca y vegetación ribereña en aceptable estado de conservación. Sin embargo, la disminución en la riqueza específica entre cada época se debe al efecto de deriva de organismos, el cual genera que estos sean arrastrados aguas abajo. Este efecto no debe considerarse como un impacto negativo pues hace parte de la dinámica de transporte de nutrientes y energía en el continuo del río (Roldán y Ramírez 2008). El índice de Simpson mostró una alta dominancia en la estación GF3 (pese a que esta cuenta con una riqueza importante), debido a la alta abundancia de *Heterelmis sp.* en ambas épocas hidrológicas. Este género es propio de hábitats medianamente contaminados por materia orgánica lo que explica en parte su alta ocurrencia (Tabla 2-52).

Tabla 2-52. Índices de diversidad y BMWP calculados para el río Fraile

Índices	Temporada Seca				Temporada de Lluvias			
	GF1	GF2	GF3	GF4	GF1	GF2	GF3	GF4
Riqueza - Taxa_S	19	14	16	21	12	9	7	10
Simpson_1-D	0,70	0,79	0,20	0,71	0,44	0,79	0,46	0,60
Shannon_H	1,65	1,96	1,47	1,99	1,06	1,78	1,03	1,18

En cuanto a la diversidad de Shannon, se puede decir no se encontró equitatividad en ninguno de los muestreos realizados en las 4 estaciones, lo cual se explica por la alta abundancia de *Baetodes* en GF1, *Heterelmis* y *Leptohyphes* en GF2, *Heterelmis* en GF3 y Chironomidae en

GF4. Como se indicó antes, estas altas abundancias se expresaron en la comunidad de cada tramo mediante el índice de Simpson (Figura 2-14).

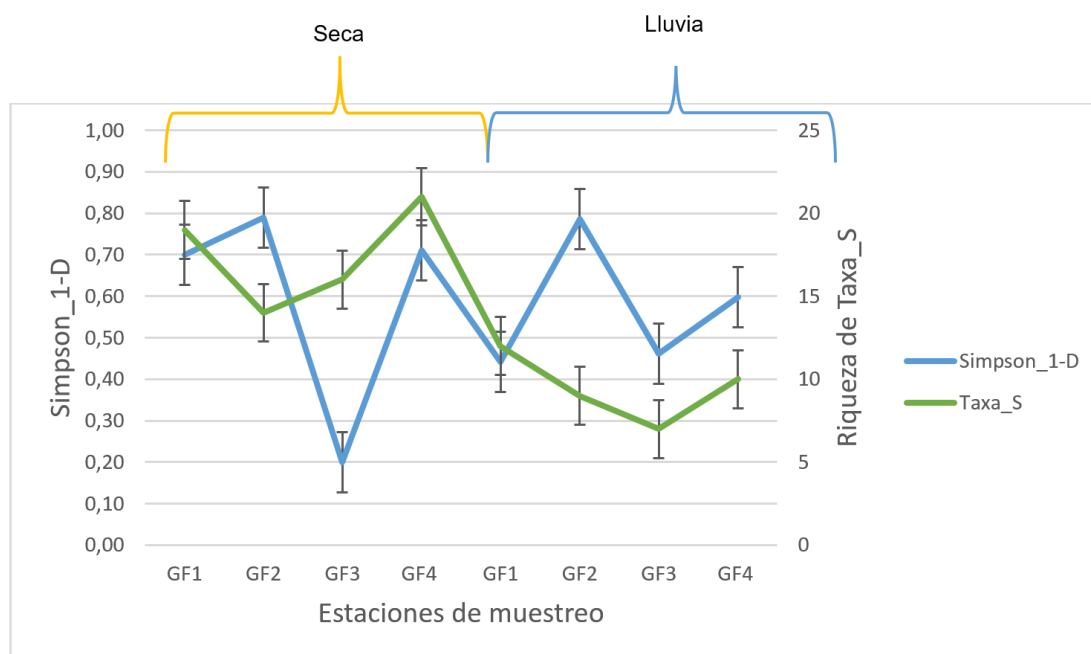


Figura 2-14. Relación entre la dominancia y la equidad

Fuente: Elaboración propia, 2022

2.11.4.3 Ictiofauna

Composición y Estructura de la Ictiofauna del río Fraile

Durante ambas épocas se registraron 10 especies para un total de 14 especies pertenecientes a cuatro órdenes y 7 familias, representando el 15.2% de los registros para el alto Cauca (Ortega-Lara et al., 2022) (Tabla 2-53).

Tabla 2-53. Registro de especies por estación y época climática para el río Fraile, Valle del Cauca

Especie	Nombre común	Estación	
		Seca	Lluvias
<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	GF2	GF2 – GF3
<i>Hemibrycon caucanus</i>	Sardina	GF2	GF2
<i>Astroblepus chapmani</i>	Negro		GF1
<i>Trichomycterus caliensis</i>	Guabino	GF2	
<i>Trichomycterus chapmani</i>	Guabino	GF3	GF2-GF3
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Corroncho		GF2
<i>Sturisomatichthys leightoni</i>	Palito	GF2 – GF3	

Especie	Nombre común	Estación	
		Seca	Lluvias
<i>Hypostomus</i> sp.	Corroncho	GF2 – GF3	GF3
<i>Coptodon rendalli</i>	Tilapia herbívora	GF4	
<i>Trichopodus pectoralis</i>	Gourami - barbeta		GF4
<i>Poecilia caucana</i>	Pipón	GF3 – GF4	GF4
<i>Poecilia reticulata</i>	Gupy	GF4	GF4
<i>Poecilia mexicana</i>	Gupy	GF4	
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Platy		GF4
Total		10	10

En total se capturaron 154 individuos en las dos temporadas, de los cuales las especies más abundantes en época seca fueron los gupies (*Poecilia reticulata*), aportando el 49.5% de la abundancia total. La estación donde se colectó mayor número de individuos fue en el punto GF4 ubicado en el sector de la recta Cali - Palmira con un valor de 75 individuos (Figura 2-15).

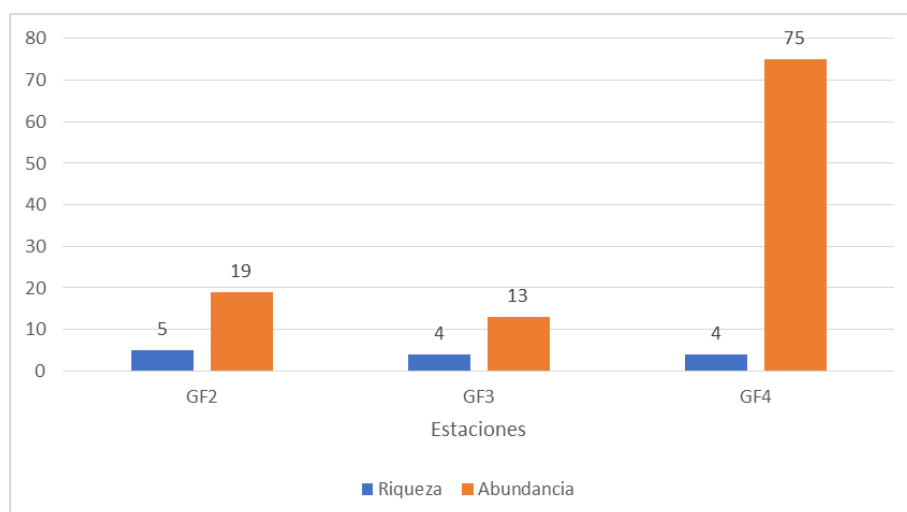


Figura 2-15. Valores de riqueza y abundancia registrados en el río Fraile, Valle del Cauca en periodo seco

En la época de lluvias, se capturaron 47 individuos, donde en la primera estación (GF1) ubicada en la parte media alta de la cuenca, la especie *Astroblepus chapmani* (negro) fue la única que se registró con dos individuos. La mayor abundancia coincidió con la primera temporada donde en la estación GF4 se capturaron 31 individuos, siendo la mayoría de la familia Poeciliidae (Figura 2-16).

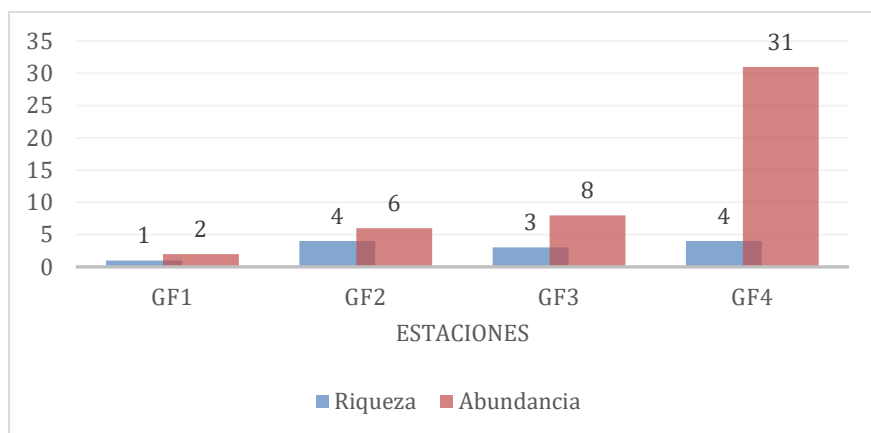


Figura 2-16. Valores de riqueza y abundancia registrados en el río Fraile, en periodo lluvias

Diversidad de Peces en el río Fraile

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 por debajo de 2, lo que representa una baja diversidad, lo que puede estar asociado 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 2-54).

Tabla 2-54. Valores de índices de diversidad en ambos períodos climáticos para el río Fraile, Valle del Cauca

Índices	Temporada Seca			Temporada Lluvias			
	GF2	GF3	GF4	GF1	GF2	GF3	GF4
Riqueza - S	5	4	4	1	4	3	4
Abundancia - N	19	13	75	2	6	8	31
Simpson_1-D	0,72	0,67	0,44	0	0,72	0,62	0,65
Shannon_H	1,41	1,22	0,78	0	1,33	1,04	1,148
Equitability_J	0,88	0,88	0,56	ND	0,96	0,95	0,83

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, este índice se complementa con los resultados obtenidos mediante el índice de diversidad, reflejando que la estación con menor diversidad en ambos períodos climáticos fue la que presentó mayor dominancia (GF4), debido a la alta abundancia de la especie Poecilia

reticulata que representó el 49.5% de los registros en la primera campaña, mientras en la segunda fue del 68.1%.

2.11.5 Resultados del Monitoreo de Vertimientos sobre el río Fraile

En el marco del PORH del río Fraile se monitorearon cinco vertimientos por el laboratorio Saneamiento Ambiente SAAM S.A.S., mediante monitoreos compuestos y aforos volumétricos o de área velocidad. En la Tabla 2-55 y Tabla 2-56 se presentan los resultados obtenidos para los vertimientos de interés que fueron monitoreados los días 12 y 21 de abril de 2023 respectivamente.

Tabla 2-55. Resultados de los parámetros evaluados para los vertimientos sobre el río Fraile

Variable analizada	Unidades	VGf1	VGf2	VGf3	VGf4	VGf5
		Vertimiento cabecero municipal de Florida	Vertimiento Planta de Sacrificio Municipal Florida	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	Vertimiento corregimiento Villagorgona	Vertimiento corregimiento Villagorgona - sector Cavasa
Tipo		ARD	ARnD	ARD	ARD	ARD
pH máximo	Unidades de pH	7.67	7.85	6.85	7.31	7.49
pH mínimo	Unidades de pH	7.07	6.62	6.35	7.01	6.61
Temperatura muestra máximo	°C	25	25.6	29.9	26.9	26.7
Temperatura muestra min	°C	24.5	23.1	26.2	26.1	24.6
Temperatura ambiente	°C	30.5	30.5	28.2	29.2	25.8
Conductividad eléctrica	u/cm	600	850	1367	1052	850
Oxígeno disuelto	mg/L	2.15	0.2	1.5	1.8	0.2
Caudal máximo	L/seg	14.81	14.60	52.36	43.46	56.04
Caudal mínimo	L/seg	7.53	9.96	17.76	28.13	30.29
Caudal promedio	L/seg	9.67	11.81	27.24	34.78	38.55
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O2	347	98	109	<2,0	27
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O2	215	57	73	<2	<2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O2	181	51	47	<2	<2
Demanda Bioquímica de Oxígeno Última	mg/ L O2	221	58	78	<2	<2
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	181	23	120	234	90
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	121	<20,0	94	120	31
Sólidos sedimentables	mL/L	1.9	0.6	1.34	1.8	0.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/ L	472	152	790	562	412
Turbiedad	NTU	113	14	23.9	50.4	81.2
Nitratos	mg/L N-NO3	1.5	1.1	0.7	1.3	8.8
Nitritos	mg/L N-NO2	<0.010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	16.9	23.5	61.1	30.8	15
Nitrógeno Total - Cálculo	mg/ L N	51.6	37	107	53	38.4
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	50.1	35.9	106	51.7	29.6
Fósforo Total	mg/ L P	1.2	2	1.4	1.6	<1,0
Fosfatos	mg/L PO4	0.921	0.831	0.921	0.752	0.632
Grasas y Aceites	mg/ L	10.5	4.88	16.5	5.86	<0,50

Variable analizada	Unidades	VGf1	VGf2	VGf3	VGf4	VGf5
		Vertimiento cabecero municipal de Florida	Vertimiento Planta de Sacrificio Municipal Florida	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	Vertimiento corregimiento Villagorgona	Vertimiento corregimiento Villagorgona - sector Cavasa
Tipo		ARD	ARnD	ARD	ARD	ARD
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/ L	10.1	10	3.01	13.9	4.03
Fenoles	mg/ L	<0.15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	339	434	605	515	148
Hierro	mg/L Fe	0.481	0.198	1.17	0.205	0.673
Manganeso	mg/L Mn	0.077	0.045	0.368	0.123	0.242
Cobre	mg/L Cu	0.013	0.063	0.015	0.015	0.013
Plomo Total	mg/L Pb	<0.010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Níquel	mg/L Ni	0.012	0.013	0.017	0.014	0.016
Cromo total	mg/L Cr	<0.005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cadmio Total	mg/L Cd	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Cinc	mg/L Zn	0.155	0.076	0.025	0.046	0.033
Mercurio Total	mg/L Hg	<0.001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cloruros	mg/L Cl	5.2	39.5	136	74.1	119
Sulfatos	mg/L SO4	85	46	51	48	13
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	2.50E+05	5.04E+02	<1	2.80E+04	5.00E+03
Coliformes Totales	NMP/100 mL	9.10E+07	2.70E+07	9.90E+06	1.40E+07	3.90E+07

Tabla 2-56. Concentración de los parámetros evaluados para los vertimientos sobre el río Fraile

Variable analizada	Unidades	VGf1	VGf2	VGf3	VGf4	VGf5
		Vertimiento cabecera municipal de Florida	Vertimiento Planta de Sacrificio Municipal Florida	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	Vertimiento corregimiento Villagorgona	Vertimiento corregimiento Villagorgona - sector Cavasa
Tipo		ARD	ARnD	ARD	ARD	ARD
pH máximo	Unidades de pH	7.4	7.6	6.9	7.3	7.8
pH mínimo	Unidades de pH	6.5	6.8	6.4	7.0	7.3
Temperatura muestra máximo	°C	25.6	27.6	29.9	26.9	25.1
Temperatura muestra min	°C	24.4	22.7	26.2	26.1	23.6
Temperatura ambiente	°C	30.0	30.5	28.2	29.2	28.2
Conductividad eléctrica	u/cm	579.0	915.0	1954.0	1052.0	1056.0
Oxígeno disuelto	mg/L	2.27	0.30	0.50	1.80	0.10
Caudal máximo	L/seg	10.00	8.21	71.40	39.95	57.24
Caudal mínimo	L/seg	5.56	6.14	24.21	32.69	19.65
Caudal promedio	L/seg	6.65	7.10	37.14	36.40	33.82
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O2	519.0	357.0	507.0	414.0	165.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O2	345.0	207.0	334.0	276.0	114.0

Variable analizada	Unidades	VGF1	VGF2	VGF3	VGF4	VGF5
		Vertimiento cabecera municipal de Florida	Vertimiento Planta de Sacrificio Municipal Florida	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	Vertimiento corregimiento Villagorgona	Vertimiento corregimiento Villagorgona - sector Cavasa
Tipo		ARD	ARnD	ARD	ARD	ARD
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O2	255.0	176.0	259.0	209.0	82.0
Demanda Bioquímica de Oxígeno Ultima	mg/ L O2	358.0	246.0	364.0	306.0	123.0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	98.0	56.0	62.0	209.0	46.0
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	46.0	56.0	48.0	145.0	27.0
Sólidos sedimentables	mL/L	2.90	0.30	0.50	1.80	0.10
Sólidos Disueltos Totales	mg/ L	248.0	548.0	<20	550.0	808.0
Turbiedad	NTU	57.8	42.1	49.2	102.0	28.6
Nitratos	mg/L N-NO3	0.70	0.60	1.50	0.80	0.70
Nitritos	mg/L N-NO2	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	26.8	64.2	120.0	47.5	46.2
Nitrógeno Total - Cálculo	mg/ L N	40.2	68.5	124.0	52.2	51.2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	39.5	67.9	122.0	51.4	50.5
Fósforo Total	mg/ L P	1.3	2.5	1.1	2.5	1.6
Fosfatos	mg/L PO4	0.7	1.3	0.6	1.0	1.1
Grasas y Aceites	mg/ L	18.7	3.3	1.0	9.3	<0.50
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/ L	6.1	7.5	4.9	2.7	3.7
Fenoles	mg/ L	<0.15	<0.15	0.2	<0.15	<0.15
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	213.0	349.0	306.0	341.0	505.0
Hierro	mg/L Fe	0.201	0.254	1.770	0.521	0.304
Manganeso	mg/L Mn	0.034	0.085	0.221	0.179	1.170
Cobre	mg/L Cu	0.042	0.012	0.018	0.018	0.013
Plomo Total	mg/L Pb	0.018	0.015	0.018	0.037	0.034
Níquel	mg/L Ni	<0.005	0.0	0.0	0.0	0.0
Cromo total	mg/L Cr	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cadmio Total	mg/L Cd	<0.001	0.0	0.0	0.0	0.0
Cinc	mg/L Zn	0.1	0.1	0.0	0.2	0.0
Mercurio Total	mg/L Hg	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cloruros	mg/L Cl	78.9	73.2	226.0	73.6	136.0
Sulfatos	mg/L SO4	8.0	84.0	237.0	129.0	54.0
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	6.0E+05	8.0E+03	<1	1.2E+06	2.8E+04
Coliformes Totales	NMP/100 mL	2.4E+07	2.9E+05	1.1E+04	3.3E+07	2.9E+06

2.11.6 Índices de calidad y contaminación

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

y contaminación dan cuenta del deterioro de las condiciones de calidad de la fuente conforme avanza el flujo de la corriente.

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

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 2-57), 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 2-57. 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

Se observa para el río Fraile, que el índice de calidad IDEAM presentó una clasificación aceptable para la estación GF1, mientras que para las estaciones GF2 y GF3 la clasificación fue regular. Para la estación GF4 la clasificación de calidad fue mala (Tabla 2-58).

Tabla 2-58. Resultados ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 1

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA IDEAM
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	0,83 ACEPTABLE
La Industria	GF2	32.6 km	0,63 REGULAR
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	0,68 REGULAR
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	0,47 MALO

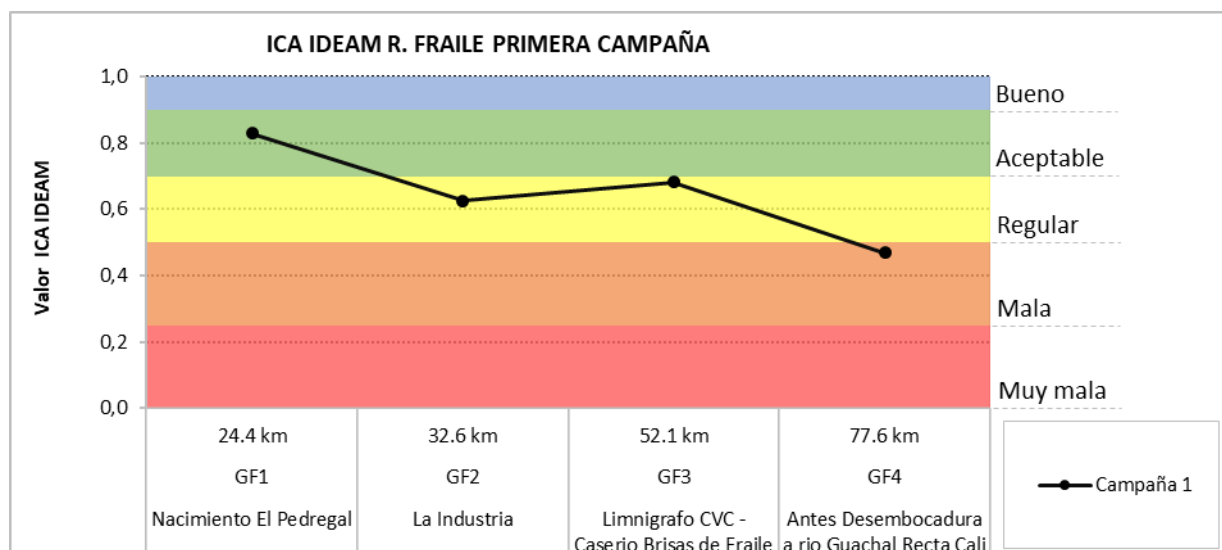


Figura 2-17. ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 1

Para la corriente Fraile, en todas las estaciones para la campaña 2 de monitoreo, la calificación del ICA IDEAM fue regular (Tabla 2-59, Figura 2-18).

Tabla 2-59. Resultados ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 2

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA IDEAM	
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	0,69	REGULAR
La Industria	GF2	32.6 km	0,56	REGULAR
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	0,59	REGULAR
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	0,51	REGULAR

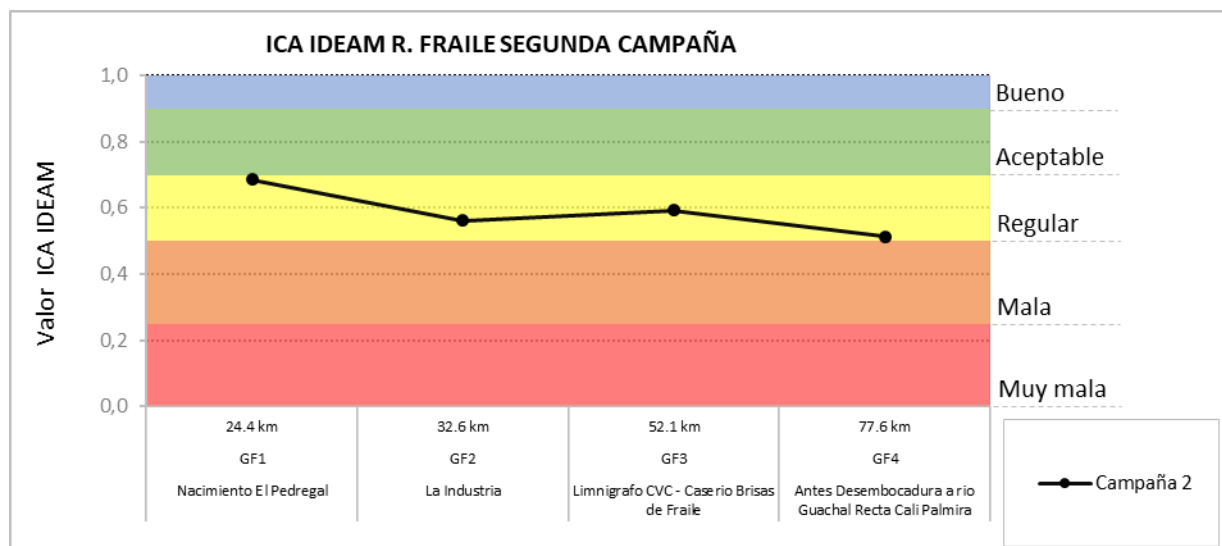


Figura 2-18. ICA IDEAM Río Fraile – Campaña 2

2.11.6.2 Índice de Calidad CETESB para el río Fraile

Este permite reconocer problemas de contaminación en un cuerpo de agua y evaluar cómo ha evolucionado la calidad del cuerpo de agua al realizar monitoreos con una cierta periodicidad (CEPAL, 2023). Este indicador tiene un limitante y es que no permite evaluar todos los riesgos presentes en el agua asociados a las variables que no contempla en su cálculo. El ICA CETESB, como se presenta en la tabla siguiente, permite clasificar el cuerpo de agua cualitativamente entre *pésima calidad* y *excelente calidad* (Tabla 2-60).

Tabla 2-60. 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)

En cuanto al índice de calidad CETESB se observa, en la Tabla 2-61, que la calidad se mantuvo en clasificación buena para las estaciones GF1 y GF3, mientras que para las estaciones GF2 y GF4 la clasificación fue regular. La transición de buena a regular en los puntos GF1-GF2 está influenciada por los vertimientos de aguas residuales domésticas del centro poblado de Florida y del matadero municipal; y entre GF3 – GF4, los vertimientos de la industria porcícola, avícola y las aguas residuales domésticas de Villagorgona y Zanjón Cavasa afectan la calidad don del mayor peso de este índice lo marco el oxígeno disuelto y las coliformes fecales.

Tabla 2-61. Resultados ICA-CETESB Río Fraile – Campaña 1

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA CETESB
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	74,61 BUENA
La Industria	GF2	32.6 km	44,06 REGULAR
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	56,70 BUENA
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	45,07 REGULAR

La segunda campaña presentó el ICA- CETESB con calificación para las dos primeras estaciones como buena, mientras que, en las dos estaciones de monitoreo, GF3 a GF4 la calificación fue regular (Tabla 2-62, Figura 2-20).

Tabla 2-62. Resultados ICA-CETESB Río Fraile – Campaña 2

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA CETESB
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	65,07 BUENA
La Industria	GF2	32.6 km	56,46 BUENA
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	43,43 REGULAR
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	38,67 REGULAR

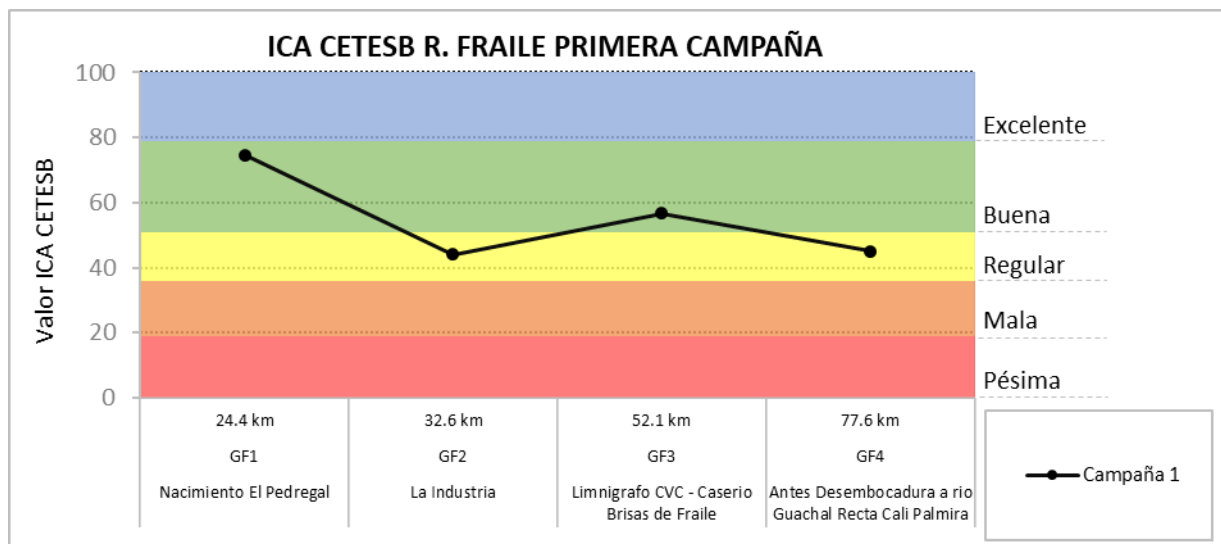


Figura 2-19. ICA CETESB Río Fraile – Campaña 1

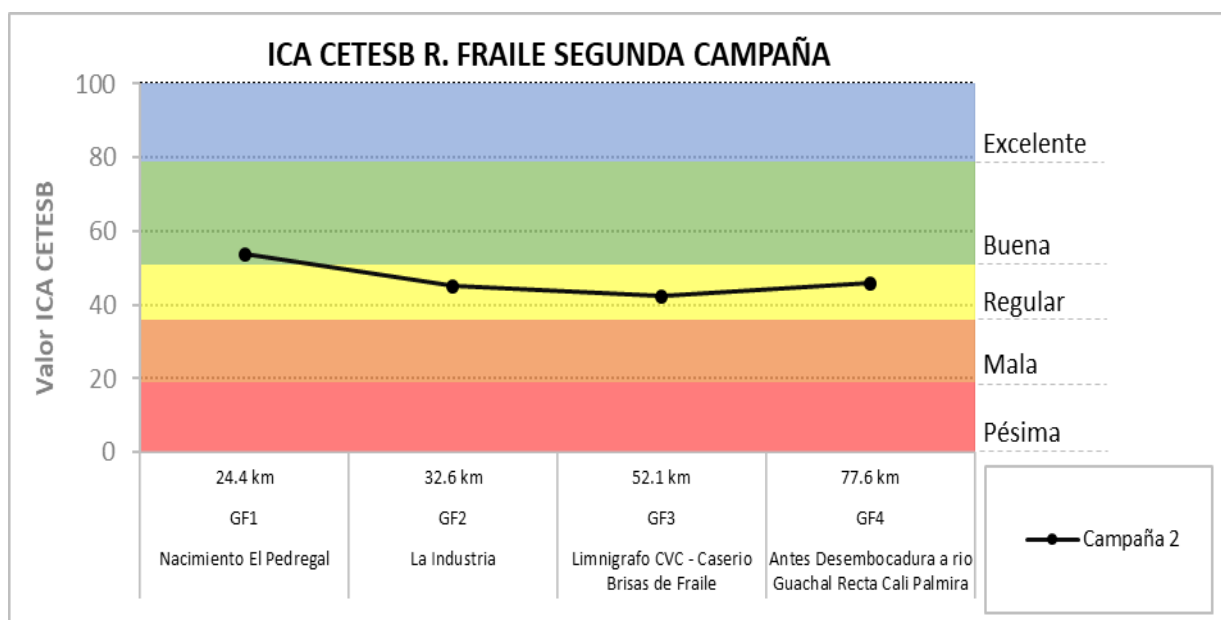


Figura 2-20. ICA CETESB Río Fraile – Campaña 2

2.11.6.3 Índice de Calidad DINIUS para el río Fraile

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) (Tabla 2-63).

Tabla 2-63. 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)

Para el índice de calidad DINIUS, en todos los casos y en las dos campañas la clasificación de la calidad fue regular (Tabla 2-64, Tabla 2-65).

Tabla 2-64. Resultados ICA-DINIUS Río Fraile – Campaña 1

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA DINIUS
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	76,30 REGULAR
La Industria	GF2	32.6 km	62,81 REGULAR
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	69,10 REGULAR
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	57,09 REGULAR

Tabla 2-65. Resultados ICA-DINIUS Río Fraile – Campaña 2

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICA DINIUS
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	78,66 REGULAR
La Industria	GF2	32.6 km	71,41 REGULAR
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	63,57 REGULAR
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	59,73 REGULAR

En la Figura 2-21 y Figura 2-22, el ICA DINIUS se muestra en la categoría de *Regular* para todos los puntos manteniéndose en el rango entre 60 y 80.

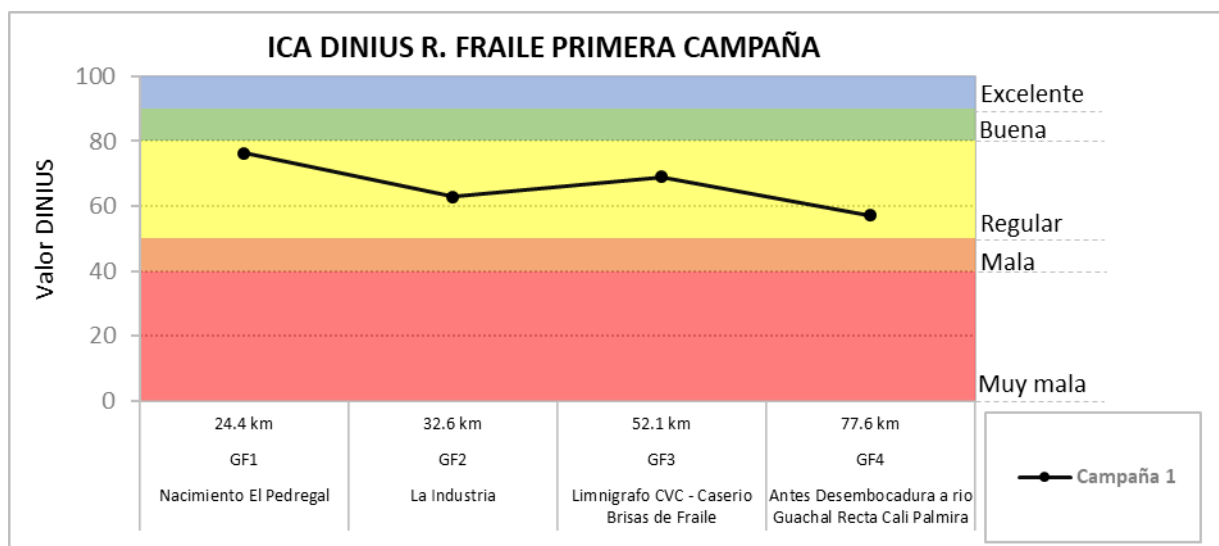


Figura 2-21. ICA DINIUS Río Fraile – Campaña 1

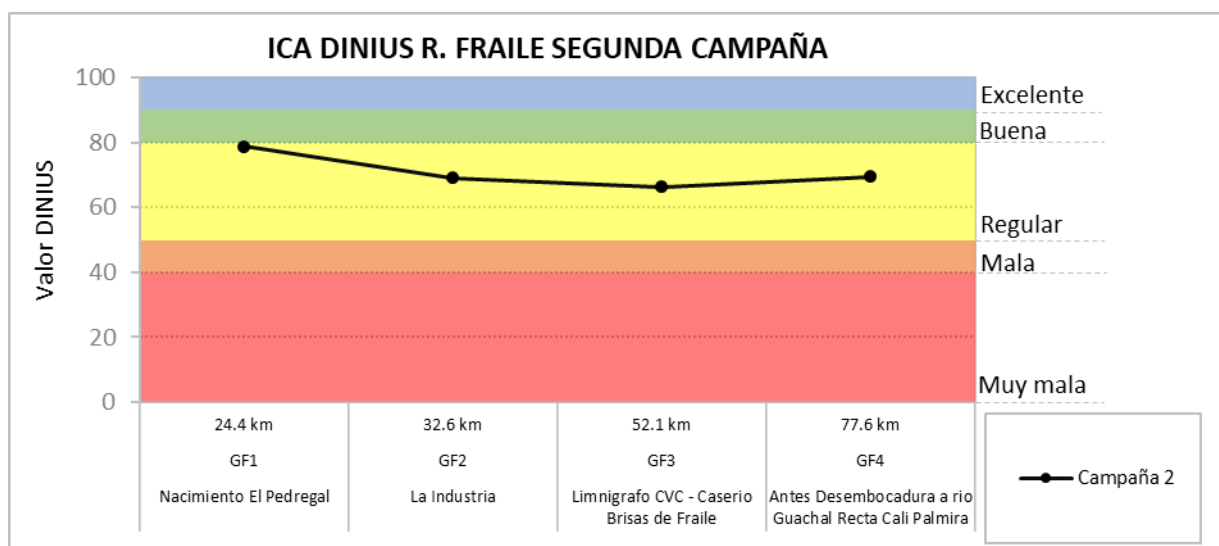


Figura 2-22. ICA DINIUS Río Fraile – Campaña 2

2.11.6.4 Índice de Contaminación ICOMO para el río Fraile

El índice de contaminación por materia orgánica – 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 2-66) (Ramírez et al., 1997).

Tabla 2-66. 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 baja en la estación GF1. Sin embargo, en las siguientes estaciones de monitoreo reflejó un deterioro de la calidad del agua indicando una concentración mayor de materia orgánica a lo largo del tramo en ordenación durante la campaña 1 (Seca) (Figura 2-23).

Tabla 2-67. Resultados ICOMO en el Río Fraile – Campaña 1

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICOMO
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	0,27 BAJA
La Industria	GF2	32.6 km	0,65 ALTA
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	0,54 MEDIA
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	0,69 ALTA

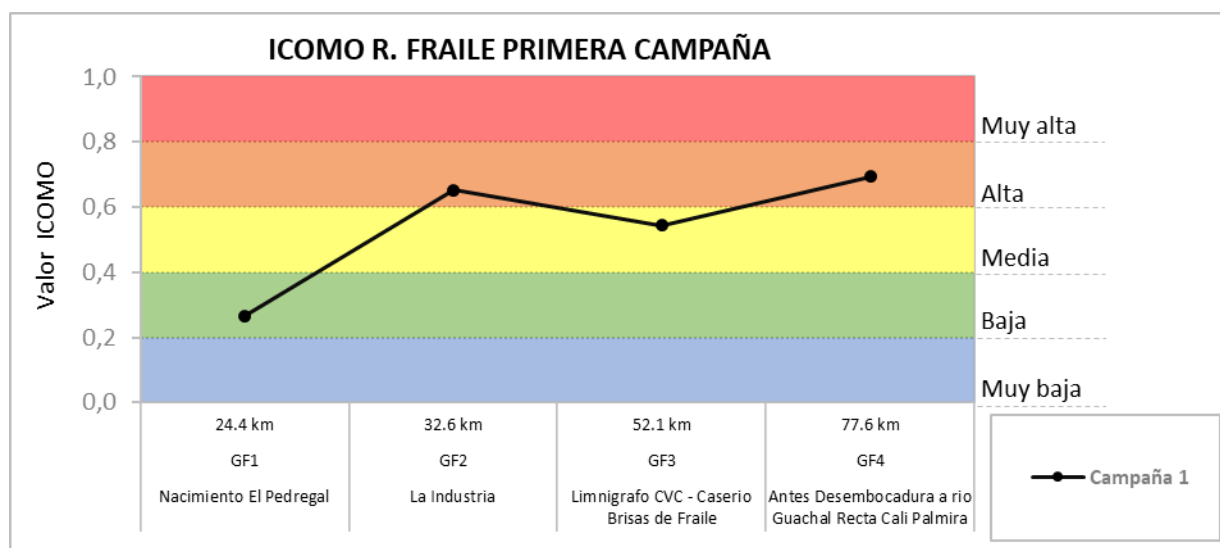


Figura 2-23. ICOMO Río Fraile – Campaña 1

Por el contrario, los resultados de la campaña 2, en época de lluvia mostró que la contaminación del agua por materia orgánica se mantuvo muy baja en todas las estaciones de monitoreo (Tabla 2-68).

Tabla 2-68. Resultados ICOMO en el Río Fraile – Campaña 2

Estación de monitoreo	ID	LONGITUD	ICOMO	
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	0,05	Muy baja
La Industria	GF2	32.6 km	0,10	Muy baja
Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	0,14	Muy baja
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	0,27	BAJA

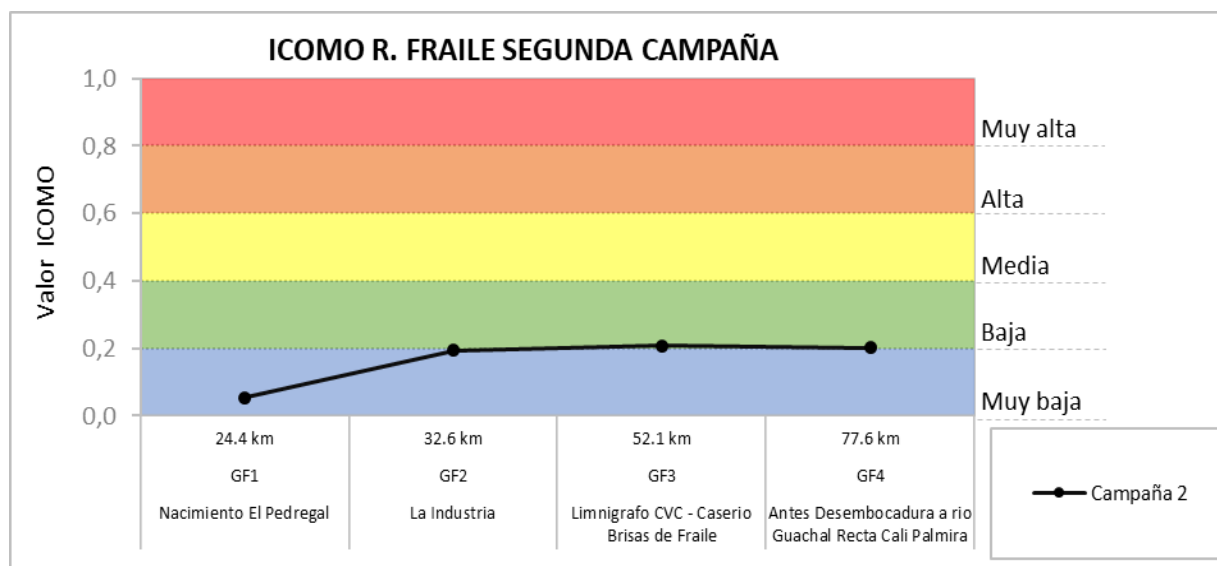


Figura 2-24. ICOMO Río Fraile – Campaña 2

2.11.6.5 Índice de contaminación ICOTRO en el río Fraile

Este índice se utiliza para la evaluación de la variable fósforo total. Éste componente está ligado tan sólo a los ortofosfatos que lo conforman, por ser el nutriente limitante, este define la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, fenómeno de gran importancia principalmente en aguas lenticas; así, en aguas claras pueden dar origen a comunidades de perifiton, mientras que en caños y quebradas de bajas altitudes pueden estar asociadas a comunidades de fitoplancton y macrófitas, debido a que en temporadas de sequía los cuerpos de agua se estancan o poseen una velocidad muy reducida (CEPAL, 2023). Como se fundamenta en la concentración del fósforo total, define por sí mismo una categoría discreta (Tabla 2-69).

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, propiciando 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 2-69. Clasificación de la Contaminación ICOTRO

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

El índice ICOTRO mostró una clasificación para todas las estaciones monitoreadas en las dos campañas (época seca y de lluvia) del río Fraile una condición eutrófica, indicando una concentración alta en fósforo, que puede estar relacionado con el monocultivo de la caña y la perdida de cobertura forestal en las márgenes de los ríos, facilitando la contaminación difusa por fertilizantes (Tabla 2-70 y Tabla 2-71).

Tabla 2-70. ICOTRO Río Fraile – Campaña 1

ID	Estación de monitoreo	Valor ICOTRO	Unidades	Clasificación
GF1	Nacimiento El Pedregal	0.05	mg/L	Eutrófico
GF2	La Industria	0.43	mg/L	Eutrófico
GF3	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	0.28	mg/L	Eutrófico
GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	0.69	mg/L	Eutrófico

Tabla 2-71. ICOTRO Río Fraile – Campaña 2

ID	Estación de monitoreo	Valor ICOTRO	Unidades	Clasificación
GF1	Nacimiento El Pedregal	1.00	mg/L	Eutrófico
GF2	La Industria	1.00	mg/L	Eutrófico
GF3	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	1.00	mg/L	Eutrófico
GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	1.00	mg/L	Eutrófico

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

La CVC cuenta actualmente con una red de monitoreo de calidad de agua sobre el río Fraile, con cuatro puntos de interés (Tabla 2-46), con registros anuales o semestrales durante los años 2005 al 2022. Los resultados históricos calculados para el río Fraile para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022 se compilan en la Tabla 2-72.

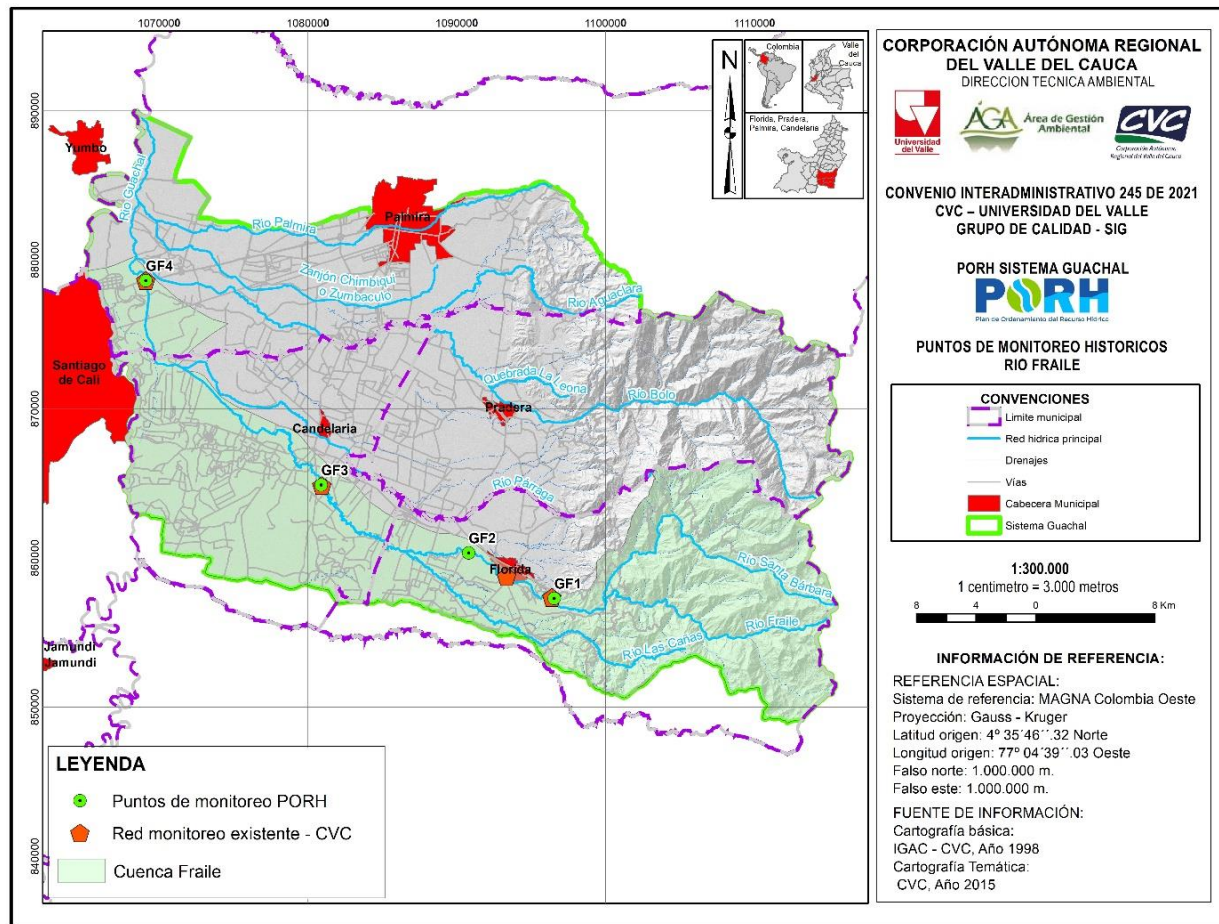


Figura 2-25. Estaciones de monitoreo sobre el río Fraile – Sistema Guachal

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

Tabla 2-72. Índices históricos calculados para el río Fraile para cada uno de los puntos de la red de monitoreo de la CVC durante el periodo 2005 al 2022

SECO													
Estación de monitoreo			INDICE	ICA IDEAM	ICA CETESB	DINIUS	ICOMO	ICOTRO					
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	Máximos históricos	0,92	BUENO	86,88	EXCELENTE	86,28	BUENA	0,54	MEDIA	0,51	EUTRÓFICO
Puente Vía a Miranda		28.6 km	Máximos históricos	0,91	BUENO	76,19	BUENA	77,58	REGULAR	0,55	MEDIA	0,20	EUTRÓFICO
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	Máximos históricos	0,85	ACEPTABLE	75,70	BUENA	73,53	REGULAR	0,59	MEDIA	0,61	EUTRÓFICO
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	Máximos históricos	0,58	REGULAR	52,70	BUENA	65,08	REGULAR	0,98	MUY ALTA	0,65	EUTRÓFICO
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	Mínimos históricos	0,53	REGULAR	34,26	MALA	58,49	REGULAR	0,02	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Puente Vía a Miranda		28.6 km	Mínimos históricos	0,54	REGULAR	35,24	MALA	50,63	REGULAR	0,03	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	Mínimos históricos	0,49	MALO	34,07	MALA	55,40	REGULAR	0,16	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	Mínimos históricos	0,30	MALO	16,22	PÉSIMA	41,04	MALA	0,47	MEDIA	0,03	EUTRÓFICO
HUMEDO													
Estación de monitoreo			INDICE	ICA IDEAM	ICA CETESB	DINIUS	ICOMO	ICOTRO					
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	Máximos históricos	0,93	BUENO	81,37	EXCELENTE	83,00	BUENA	0,41	MEDIA	0,30	EUTRÓFICO
Puente Vía a Miranda		28.6 km	Máximos históricos	0,84	ACEPTABLE	72,35	BUENA	76,95	REGULAR	0,56	MEDIA	0,24	EUTRÓFICO
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	Máximos históricos	0,76	ACEPTABLE	65,68	BUENA	69,86	REGULAR	0,80	MUY ALTA	0,98	EUTRÓFICO
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	Máximos históricos	0,46	MALO	33,87	MALA	58,73	REGULAR	0,98	MUY ALTA	1,11	HIPEREUTRÓFICO
Nacimiento El Pedregal	GF1	24.4 km	Mínimos históricos	0,63	REGULAR	50,05	REGULAR	66,95	REGULAR	0,00	NINGUNA	0,05	EUTRÓFICO
Puente Vía a Miranda		28.6 km	Mínimos históricos	0,51	REGULAR	37,71	REGULAR	58,24	REGULAR	0,07	NINGUNA	0,03	EUTRÓFICO
Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	GF3	52.1 km	Mínimos históricos	0,40	MALO	25,71	MALA	47,49	MALA	0,25	BAJA	0,08	EUTRÓFICO
Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	GF4	77.6 km	Mínimos históricos	0,21	MUY MALO	15,75	PÉSIMA	38,50	MUY MALA	0,67	ALTA	0,10	EUTRÓFICO

2.11.7 Indicadores biológicos para el río Fraile

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

2.11.7.1 Índice BMWP para el río Fraile

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 2-73.

Tabla 2-73. 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	Crítica
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy crítica

El valor del índice de calidad BMWP/ Univalle en todas la estaciones y épocas de muestreo en el río Fraile, las clasificó como “contaminadas” y muy “contaminadas”, excepto en el muestreo realizado en época seca en la estación GF1, la cual se clasificó como “aceptable”, donde son evidentes algunos efectos de contaminación, principalmente por materia orgánica (Tabla 2-74).

Tabla 2-74. Clasificación de las aguas en los puntos de monitoreo del río Fraile según BMWP

Puntos de Monitoreo		Campaña 1		Campaña 2	
		E. Seca	BMWP/Col	E. Lluvia	BMWP/Col
GF1	Nacimiento El Pedregal	88	ACEPTABLE	49	DUDOSA
GF2	La Industria	43	DUDOSA	46	CRÍTICA
GF3	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	57	DUDOSA	38	CRÍTICA
GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	52	DUDOSA	45	CRÍTICA

3. FASE III. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES: PROSPECTIVA

3.1 Proyección de la demanda total de agua

Para estimar la proyección de la demanda total del tramo de río Fraile en ordenación se utilizará la proyección poblacional y producción agrícola asociada al todo el sistema Guachal, debido a la limitación en disponibilidad de la información relacionada con las actividades industriales y agropecuarias; dado que no existen estas estimaciones directas para los tramos de estudio se considerará el porcentaje del área que ocupa la subcuenca Fraile dentro del sistema Guachal, que corresponde al 38,29%, tal como se representó en la Tabla 2-14.

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

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

Población estimada y actividades agrícolas con su extensión				
cuenca	Municipio	Población Estimada (2024)	Actividades Agrícolas	Extensión Aproximada (ha)
Fraile	Florida	58.522	Cultivos de caña de azúcar.	3.000
			Ganadería en pequeñas explotaciones.	500
			Producción de maíz y frijol en áreas rurales.	800
Párraga	Pradera	49.416	Café en las zonas más altas.	1.200
			Cultivos de frutas (banano, plátano) y hortalizas.	600
			Ganadería en praderas abiertas.	400
Bolo	Palmira	359.549	Extensas plantaciones de caña de azúcar.	25.000
			Cultivos de algodón	1.000
			Arroz y frutas tropicales	1.200
Aguaclara	Palmira		Predomina el cultivo de caña de azúcar.	10.000
			Producción de frutas y hortalizas en áreas rurales.	1.500
			Caña de azúcar como cultivo dominante.	12.000
Palmira	Palmira		Arroz	2.000
			Ganadería y pastos.	1.000
Guachal	Palmira	94.103	Caña de azúcar.	8.000
			Cultivos de frutales (cítricos, mango) y hortalizas.	1.000
			Ganadería	1.500

Fuente: Elaboración propia a partir de Datos Abiertos (Portal Nacional de Datos Abiertos, 2024)⁶

3.1.1 Proyección de la Demanda Hídrica para Consumo Humano

Según datos de la Organización Mundial de la Salud en promedio una persona requiere de 100 litros al día de agua para suplir sus necesidades básicas. Para las proyecciones de la dotación para el área de estudio de la cuenca Guachal, establecida en 125 litros/habitante/día, se tomaron

⁶ Datos Abiertos

Portal Nacional de Datos Abiertos. (13 de 08 de 2024). *Datos Abiertos*. Obtenido de https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Consolidado-agr-cola-por-municipios-de-los-cultivo/exfh-span/about_data

como referencia el promedio establecido por el IDEAM, medido como la dotación de agua diaria (DaD) de acuerdo con la localización del municipio y el área de interés según la altura sobre el nivel del mar para municipios con zonas atendidas de >2.000 m.s.n.m. (120 l/hab*día) y entre <1.000 – 2.000 m.s.n.m. (130 l/hab*día).

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

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

Año	Florida	m ³ /s	Pradera	m ³ /s	Palmira	m ³ /seg	Candelaria	m ³ /s
2025	58.566	0,0692	49.487	0,0585	359.888	0,4254	94.202	0,1113
2026	58.600	0,0693	49.497	0,0585	359.988	0,4255	94.199	0,1113
2027	58.563	0,0692	49.519	0,0585	359.882	0,4254	94.215	0,1114
2028	58.536	0,0692	49.516	0,0585	359.731	0,4252	94.168	0,1113
2029	58.501	0,0692	49.508	0,0585	359.495	0,4249	94.091	0,1112
2030	58.464	0,0691	49.483	0,0585	359.210	0,4246	94.032	0,1111
2031	58.387	0,0690	49.434	0,0584	358.874	0,4242	93.968	0,1111
2032	58.328	0,0689	49.422	0,0584	358.453	0,4237	93.859	0,1109
2033	58.245	0,0688	49.357	0,0583	358.020	0,4232	93.742	0,1108
2034	58.162	0,0687	49.314	0,0583	357.469	0,4225	93.620	0,1107
2035	58.033	0,0686	49.228	0,0582	356.829	0,4218	93.496	0,1105
2036	58.260	0,0689	49.421	0,0584	358.225	0,4234	93.862	0,1109
2037	58.471	0,0691	49.600	0,0586	359.523	0,4250	94.202	0,1113

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

3.1.2 Proyección de la Demanda Hídrica para para Producción Agrícola

El Valle del Cauca tiene varias actividades productivas agropecuarias entre las que se destacan la caña de azúcar, café, frutas y hortalizas, pasturas, maíz, frijol, algodón y arroz. Según Minagricultura (2016) y de acuerdo con datos abiertos de Colombia suministrados por la Secretaría de Desarrollo Rural, Agricultura y Pesca actualizado al 2023, en las ciudades de influencia del sistema Guachal, se tiene que área de cada cultivo es la que se presenta en la *Tabla 3-4*.

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 que considera las proyecciones de instrumentos de planificación como los POT y EOT, 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. 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.

De acuerdo con FAO (2012), Romero, Quintero y Monserrate (2016) y Naranjo (2019) el consumo de los cultivos presentes en las áreas de influencia en los ríos que abastecen la cuenca Guachal se presentan en la *Tabla 3-3*:

Tabla 3-3. Consumo hídrico por cultivo presente en el área de influencia del sistema de la Cuenca 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_{ci} = Demanda hídrica para producción agrícola promedio año expresada en m^3/s

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 presente en el área de influencia de sistema de la Cuenca del sistema Guachal por Hectárea

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

3.1.3 Proyección de la Demanda Hídrica Total

Para calcular la demanda hídrica del sistema de la cuenca, se considera la suma del consumo humano y el consumo agrícola proyectado hasta 2044. No obstante, para estimar el consumo de agua por la producción agrícola, es necesario calcular la tasa de crecimiento anual entre 2025 y 2044. Para ello, se utilizó un modelo VAR (modelo de vectores autorregresivos), que es un sistema de ecuaciones diseñado para analizar las relaciones entre variables económicas. Este modelo matemático permite comprender la dinámica de sistemas complejos con variables interrelacionadas, corrigiendo los efectos que pueden tener unas variables sobre otras como es en este caso donde relacionamos las variables crecimiento económico y demanda de agua. Este modelo se aplicó utilizando los datos del cálculo de actualización del sistema de cuentas económicas distritales de Santiago de Cali para el período 2015-2022 (Cifuentes et al., 2023).

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

Donde:

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

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

π_{t-n} = Variación de precios histórica

i_{t-n} = Tasa de interés histórica

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

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

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

Así, los ríos que abastecen la cuenca, como el Fraile, Párraga, Bolo, Palmira y Guachal, son fundamentales para mantener la sostenibilidad de la producción agrícola y el abastecimiento de agua potable en los municipios beneficiados. Sin embargo, la creciente demanda hídrica, exacerbada por el aumento poblacional y la expansión agrícola, plantea desafíos significativos para la gestión sostenible del recurso. En la Tabla 3-5 se presenta la demanda hídrica total proyectada para los municipios que hacen parte de la cuenca del río Fraile.

Se subraya la importancia de considerar las dinámicas de crecimiento poblacional y agrícola al evaluar la sostenibilidad de los recursos hídricos en la cuenca Fraile. 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.

Tabla 3-5. Demanda hídrica proyectada al 2044 para los municipios que hacen parte de la cuenca del río Fraile (datos en m³/s)

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

3.2 Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta del Río Fraile

Este análisis se basa en los resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) al desabastecimiento, proyectado para los años 2024, 2029, 2034 y 2044 en los tramos monitoreados, permitiendo identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas como periodos largos de estiaje o fenómeno El Niño pueden a generar riesgos de desabastecimiento.

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

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

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

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

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

3.2.1 Análisis cualitativo de la reducción y disponibilidad de la oferta hídrica para el Río Fraile proyectada al 2044

La relación de los resultados de los índices de uso del agua - IUA y el índice de regulación hídrica-IRH proyectados por quinquenios para año normal y seco, se refleja en el comportamiento del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento-IVH- para cada punto de monitoreo en el río Fraile, también proyectado por quinquenios tal como se muestra en la Tabla 3-6. Esto permitió identificar las zonas de amenaza relacionadas con la oferta y la disponibilidad de agua, tanto para años secos como para años normales.

Tabla 3-6. Resultados del Índice de Vulnerabilidad Hídrica en los puntos de monitoreo del tramo en ordenación del río Fraile para años normal y seco

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el río Fraile – Año Normal						
ID	Estación	2024	2029	2034	2039	2044
		categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH
GF1	Nacimiento El Pedregal	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
GF2	La Industria	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
GF4	Recta Cali Palmira	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH por tramos en el río Fraile – Año Seco						
ID	Estación	2024	2029	2034	2039	244
		categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH	categoría IVH
GF1	Nacimiento El Pedregal	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF2	La Industria	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF3	Brisas del Fraile (Buchitolo)	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
GF4	Recta Cali Palmira	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

La Tabla 3-7 muestra los resultados obtenidos para la estimación de las amenazas proyectadas por quinquenio en escenarios de año normal y año seco para el río Fraile.

Tabla 3-7 Amenaza proyectada de la oferta hídrica en los puntos de control en el río Fraile 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
GF1	Alto	Media	Alto	Media	Alto	Media	Alto	Media
GF2	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta
GF3	Alto	Media	Alto	Media	Alto	Media	Alto	Media
GF4	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta

AÑO SECO								
ID	IVH 2029 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2034 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2039 año seco	Amenaza por Oferta	IVH 2044 año seco	Amenaza por Oferta
GF1	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta
GF2	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta
GF3	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta
GF4	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta	Muy Alto	Alta

En la Tabla 3-8 se presenta los resultados del análisis cualitativo para determinar el riesgo por disminución de la oferta, de acuerdo con los usos y considerando la condición más crítica de vulnerabilidad y amenaza para el año normal y seco. El riesgo por disminución de la oferta hídrica es ALTO en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 3-8 Riesgo por disponibilidad de oferta hídrica asociada al uso del agua en los sitios de control en el río Fraile para año normal y seco

Año Normal							
ID	Captaciones	Vulnerabilidad	Amenaza por Oferta 2029	Amenaza por Oferta 2034	Amenaza por Oferta 2039	Amenaza por Oferta 2044	Riesgo por Oferta
GF1	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GF2	Agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto

Año Normal							
ID	Captaciones	Vulnerabilidad	Amenaza por Oferta 2029	Amenaza por Oferta 2034	Amenaza por Oferta 2039	Amenaza por Oferta 2044	Riesgo por Oferta
GF3	Agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GF4	Agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
ID	Captaciones	Vulnerabilidad	Amenaza por Oferta 2029	Amenaza por Oferta 2034	Amenaza por Oferta 2039	Amenaza por Oferta 2044	Riesgo por Oferta
GF1	Doméstico, agrícola, pecuario	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB2	Doméstico, agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB4	Doméstico, agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto
GB5	Doméstico, agrícola, pecuario	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alto

3.2.2 Análisis cualitativo del riesgo asociado a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Fraile

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

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

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

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

En la Tabla 3-9, se registran los resultados del análisis cualitativo entre los índices ICA-IDEAM e IPPH para el año de la ejecución de la primera campaña (2022), como línea base. La proyección del ICA-IDEAM para los quinquenios se recalcularon de acuerdo con el cumplimiento de los objetivos de calidad y el IPPH se mantuvo en calificación moderada porque es muy difícil hacer proyecciones o definir una tendencia con datos de un solo esfuerzo de muestreo de comunidades hidrobiológicas cuya composición y estructura dependen de muchas variables de disponibilidad de recursos además de las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica. El análisis cualitativo muestra que el riesgo por calidad es actualmente ALTO para todas las estaciones de monitoreo (Tabla 3-9).

Tabla 3-9. Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico del Río Fraile

Campaña 1 -Estación Seca - Aguas Bajas									
ID	Estación de monitoreo	ICA IDEAM		IPPH		categoría de Calidad	Amenaza por Calidad	Vulnerabilidad	Riesgo por Calidad
GF1	Doméstico, agrícola, pecuario	0,83	ACEPTABLE	3,75	MODERADA	REGULAR	MEDIA	ALTA	ALTO
GF2	Doméstico, agrícola, pecuario	0,63	REGULAR	3,34	MODERADA	MALA	ALTA	ALTA	ALTO
GF3	Doméstico, agrícola, pecuario	0,68	REGULAR	3,47	MODERADA	MALA	ALTA	ALTA	ALTO
GF4	Doméstico, agrícola, pecuario	0,47	MALO	3,82	MODERADA	MALA	ALTA	ALTA	ALTO

3.3 Modelación de la calidad del agua

Los PORH 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 a analizar.

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

En la Tabla 3-10 se presenta la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua del río Fraile, en donde se identifica cada punto de interés, así como el nombre, la ubicación y la distancia a la que se encuentra respecto al nacimiento. En la Figura 3-1 y en la Figura 3-2 se muestran los esquemas que representan de manera gráfica la estructura conceptual para la modelación del río Fraile.

Tabla 3-10. Esquemización Río Fraile

Tramo	Tipo	ID	NOMBRE	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
I	Captación	D1	Derivación 1	21,34	1098836,09	856323,7792
I	PM	GF1	Nacimiento El Pedregal	24,4	1096541,923	857281,883
I	Captación	D2	Derivación 2 (consumo humano El Pedregal 15 L/s + agrícola)	24,51	1096426,951	857350,7632
I	Captación	D3	Derivación 3 (Municipio Florida Acueducto Acuavalle)	25,13	1096059,25	857688,3585
I	Captación	D4	Derivación 4	26,8	1095027,743	858040,7399
II	Vertimiento	V1	VPC5 - Colector Pubenza casco urbano Florida	28,74	1093415,572	858675,254
II	VM	V-GF1	V-GF1 - Casco urbano Florida (VPC4- Pte. Andrés Pastrana Arango ó Colector Fajardo)	28,86	1093350,68	858742,7817
II	Vertimiento	V2	VPC6 - Colector Cien Palos o Puente Horizonte casco urbano Florida	29,25	1093041,832	858871,5415
II	Vertimiento	V3	VPC7 - Colector carrera 19 casco urbano Florida	30,11	1092649,317	859365,7922
II	VM	V-GF2	V-GF2 - Matadero + alcantarillado casco urbano Florida (VPC8-Colector Manuelaria)	30,75	1092207,617	859611,1753
II	Vertimiento	V4	VPC9 - Urbanización El Cedro	31,26	1091833,803	859902,6955
II	Captación	D5	Tres usuarios	31,64	1091589,682	860166,6774
II	Captación	D6	Ingenio La Cabaña (87C) - Hda Río Fraile	31,8	1091398,341	860077,4316

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

Tramo	Tipo	ID	NOMBRE	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
II	PM	GF2	La Industria	32,6	1090802,264	860344,1938
II	Captación	D7	Tres usuarios	33,45	1090209,227	860672,3994
II	Captación	D8	Ingenio Maria Luisa (101-5) - Maria Luisa (R. Cauca)	35,67	1088502,261	860280,8728
II	Captación	D9	Ingenio Maria Luisa (101-4) - Maria Luisa (Centro)	36,08	1088110,099	860372,7139
II	Captación	D10	Ingenio Maria Luisa (101-6) - Maria Luisa (Moscú)	36,16	1088045,297	860332,727
II	Vertimiento	V5	Ingenio Maria Luisa S.A.	36,96	1087309,552	861542,4677
II	Captación	D11	Ingenio Maria Luisa (101-3) - Maria Luisa (La Isla)	37,56	1086675,895	858608,2999
II	Afluente	A1	Rio Las Cañas	38,41	1096550,5	857292,5038
II	Captación	D12	Ingenio Maria Luisa (101-2) - Maria Luisa (Briante)	38,53	1086510,825	860435,9486
II	Captación	D13	Álvaro José Correa (114) - El Rhin	38,9	1086146,483	860487,8836
II	Captación	D14	Dos usuarios	39	1086146,391	860604,6155
II	Vertimiento	V6	San Antonio de los Caballeros (5%)	39,93	1085513,361	860779,2169
II	Captación	D15	Cuatro usuarios	40,35	1085291,099	860751,3963
II	Captación	D16	Sociedad Mayagüez S.A. - Casa de teja	41,49	1084843,04	861270,1968
II	Captación	D17	Derivación 5	41,53	1084815,219	861316,2535
II	Captación	D18	Dos usuarios	41,57	1084821,365	861353,1209
II	Captación	D19	Ingenio Mayagüez S.A. (102) - Sincerin. California. Esmeralda. Coloradas. Delicias. Alsacia y Pensilvania	41,69	1084700,988	861319,2367
II	Captación	D20	La Virginia S.A. (120) - Guayabo Negro 1	41,89	1084636,13	861352,9772
II	Captación	D21	La Virginia S.A. (119) Antes Trapiche El Venteo. luego Caña dulce. ahora riego de caña - La Palestina II	43,34	1083919,733	861552,0967
II	Captación	D22	La Virginia S.A. (120) - Ingenio Mayagüez - Actualmente INVERAGRO - Guayabo Negro 2	45,25	1083098,122	862082,9027
II	Captación	D23	Derivación 6	45,27	1083101,176	862125,9113
II	Captación	D24	Derivación 7 - Colapsó (489 L/s)	46,66	1082375,372	862530,8474
II	Captación	D25	Cruz Lozada S.A. (134) - Jerusalén	47,62	1082331,779	863022,3139
II	Vertimiento	V7	Finca La Regina	49,83	1081565,452	863958,6559
II	Captación	D26	Tres usuarios	49,93	1081624,038	864050,856
II	Captación	D27	El Triunfo	50,97	1081126,75	864391,4598
II	Vertimiento	V8	Brisas del Fraile (PSMV Asentamiento Brisas del Fraile)	52,06	1080938,106	864830,5953
II	PM	GF3	Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	52,1	1080893,236	864892,607
III	Captación	D28	Valladolid	52,18	1080907,145	864950,3748
III	Captación	D29	Agropecuaria Ospina y Cía. - Potrero de Párraga	53,04	1080823,326	865573,9005
III	Vertimiento	V9	Porcicola El Arenal	53,21	1080390,412	866538,1419
III	Vertimiento	V10	Mirador del Fraile, PIDU o Dubái	53,3	1080656,48	865764,2313
III	Vertimiento	V11	Porcicola Cervalle	53,32	1080480,629	865610,5069
III	Vertimiento	V12	Asociación Porcicola de Arenal S.A.S.	53,33	1080471,366	865613,5718
III	Vertimiento	V13	Arenal	53,87	1080523,425	866178,8333
III	Vertimiento	V14	Pueblito Viejo + El Arenal	53,87	1080295,144	865957,4891
III	Captación	D30	Ingenio Central Castilla S.A. (85) - Hda Buchitolo	54,49	1080541,032	867401,448
III	Vertimiento	V15	Villa Silvena	54,57	1079989,013	866642,2863
III	Captación	D31	Eduardo Cañón Bravo y Cía. - El Arenal	54,8	1079680,599	866245,788
III	Captación	D32	Osiris Ltda. (121) - Hda Paraguay	59	1078919,219	868908,5249

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

Tramo	Tipo	ID	NOMBRE	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
III	Captación	D33	Eugenia Barney de Becerra y Otros (126) - La Guaca	59,62	1078323,738	868484,172
III	Captación	D34	Fernando Paz Bautista (195) - La Guaca	60,48	1077968,729	868486,985
III	Captación	D35	Arcesio Paz (196) - La Guaca	60,48	1077968,729	868486,985
III	Captación	D36	Ingenio Mayagüez S.A. - Las Américas	60,62	1077860,753	868391,6792
III	Captación	D37	Libia Calle Hoyos y Otros - Las Américas	60,69	1077870,078	868302,6024
III	Captación	D38	Harinera del Valle (197) - Santa Teresita	62,56	1076514,825	868378,4224
III	Vertimiento	V16	Pollos El Bucanero	62,8	1076292,499	868464,2754
III	VM	V-GF4	V-GF4 - Vertimiento corregimiento Villagorgona (Gorgona viejo + Buchitolo)	62,81	1076286,336	868448,9118
III	VM	V-GF3	V-GF3 - Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	62,81	1076286,325	868464,271
III	Captación	D39	Quince S.A. (131) - Guales	63,36	1075906,448	868712,82
III	Captación	D40	Adriana Patricia Mejía Hoyos (179) - Palomar (Antes Canadá)	66,6	1074127,066	870551,5977
III	Captación	D41	Antonio José Gómez Camacho - Hacienda Grecia	67,01	1073864,466	870855,5261
III	Vertimiento monitoreado	V-GF5	V-GF5 - Vertimiento corregimiento Villagorgona - Zanjón Cavasa	67,53	1073496,87	871220,8188
III	Captación	D42	José Antonio Bueno Castro & CIA S. en .C - Las Palmas	68,37	1072937,717	871837,87
III	Captación	D43	Álvaro Bryon Jiménez (180) - Entrerios	68,46	1072872,846	871905,4055
III	Captación	D44	Derivación 8	68,46	1072872,846	871905,4055
III	Captación	D45	Derivación 9	69,15	1072286,104	872249,048
III	Captación	D46	Francisco Javier Tafur Orejuela - Potosí (Jordán. San José. Los Pinos)	69,29	1072177,994	872350,3444
III	Captación	D47	Cinco usuarios	70,05	1071529,487	872743,0972
III	Afluente	A2	Rio Párraga	70,07	1090802,264	860344,1938
III	Captación	D48	Dos usuarios	71,53	1070180,372	872987,9395
III	Captación	D49	Derivación 10	71,53	1070180,372	872987,9395
III	Captación	D50	Maria Elena Calero Cruz (146) - Malayas	72,38	1069698,463	873537,4742
III	Captación	D51	Clara Emma Peláez de Consuegra (143) - Borneo	72,47	1069686,055	873629,6202
III	Captación	D52	Guerrero Quintero Hermanos LTDA (198) - Cantarrana	73,75	1069283,991	874815,0718
III	Captación	D53	Inversiones Balbueno S.A.S. - Campo Alegre	74,32	1069126,212	875352,5337
III	Captación	D54	Blanca Mejía de Solano - Casablanca	75,02	1069165,891	876034,5001
III	Captación	D55	Agromercol S.A (190) - La Chica (Tafur)	75,3	1069205,837	876310,9887
III	Captación	D56	Dos usuarios	76,63	1069346,955	877628,8862
III	PM	GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	77,6	1069111,721	878602,4925
III	Captación	D57	Tres usuarios	79,82	1068113,968	879766,0485
III	Captación	D58	SOCEIDAD EV SAS - José Vicente Borrero - Guales (Cavasa)	80,07	1068203,286	880060,9999
III	Captación	D59	Hilde Rengifo Zamorano - Guales	80,07	1068203,286	880060,9999
III	Captación	D60	Alejandro Vélez y Cía. (202) - Hda Maravelez	80,19	1068391,609	880002,7594
III	Afluente	A3	Rio Bolo	80,48	1069111,721	878602,4925
III	PM		Confluencia con río Guachal	80,5	1068488,721	880268,594

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023). *Convenciones;* PM: Punto de monitoreo, VM: Vertimiento monitoreado. (1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

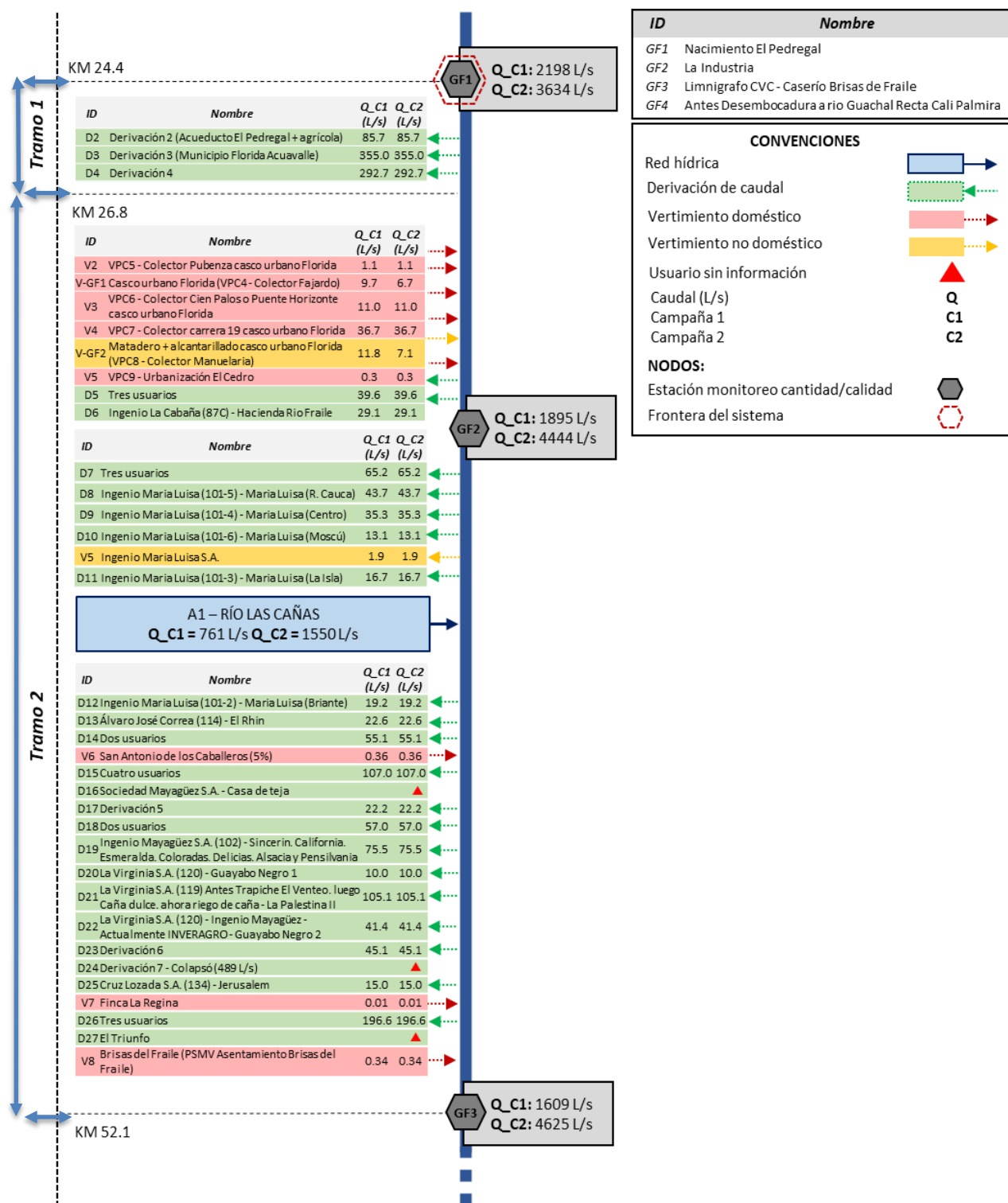


Figura 3-1. Esquema gráfico río Fraile – Tramo 1 y 2
 Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

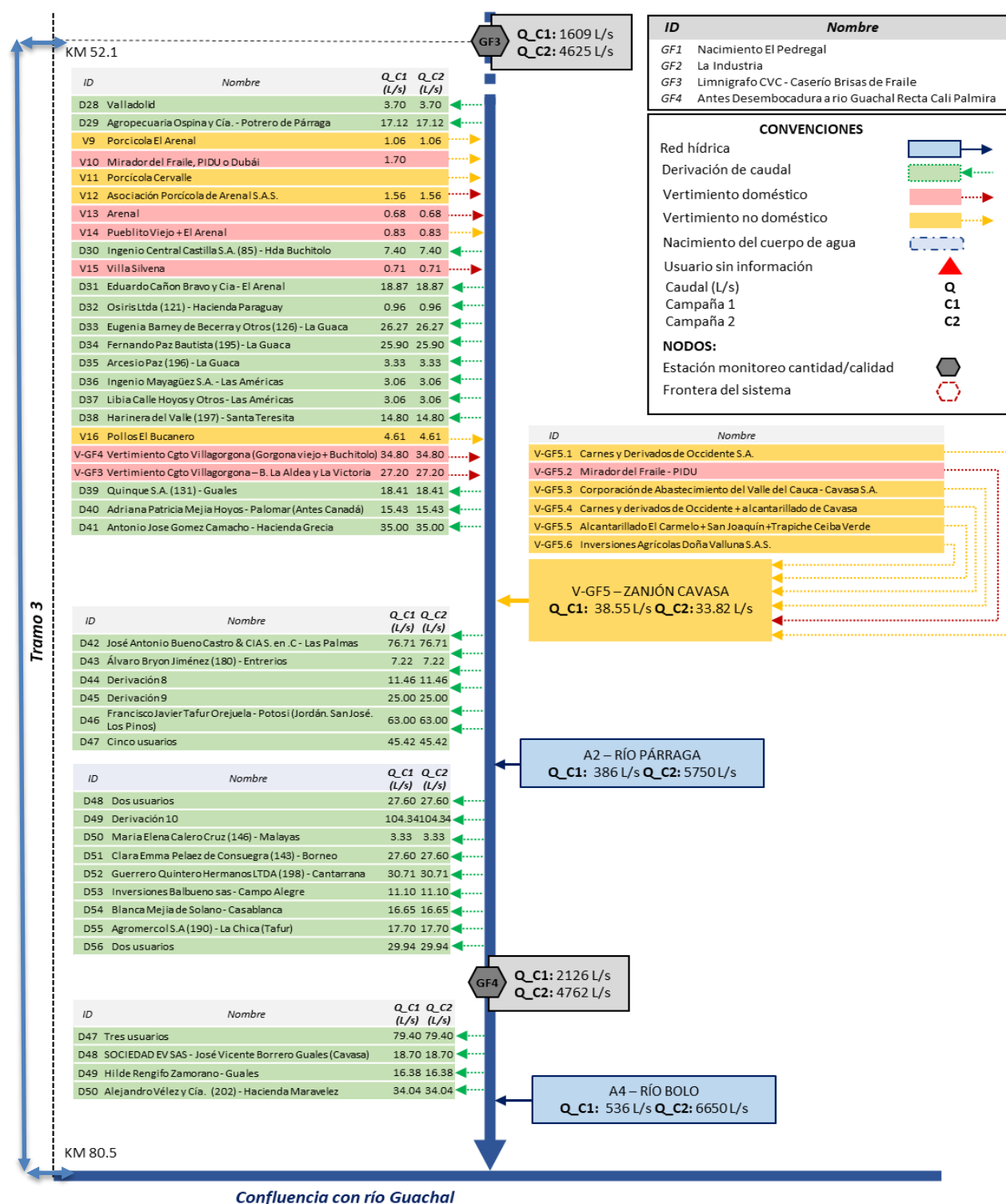


Figura 3-2. Esquema gráfico río Fraile – Tramo 3

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

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

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

Tabla 3-11. Definición de tramos de análisis Río Fraile

Tramo	Definición	Longitud (km)	Coordenadas (1)			
			Inicio tramo		Fin tramo	
			X	Y	X	Y
I	Desde el punto de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal en el kilómetro 24.4, hasta la Derivación 4 en el kilómetro 26.8	2.4	1096541.923	857281.883	1095029.287	858040.434
II	Desde la Derivación 4 en el kilómetro 26.8, hasta el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1	25.3	1095029.287	858040.434	1080893.236	864892.607
III	Desde el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1, hasta la confluencia del río Bolo con el río Fraile en el kilómetro 80.5	28.4	1080893.236	864892.607	1068488.721	880268.594

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

3.5 Calibración y confirmación del modelo del río Fraile

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 Fraile, 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):

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

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

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

Una vez se ingresó al modelo toda la información de la campaña de monitoreo seleccionada para la calibración, se asignaron pesos iguales a todas las variables en la hoja de trabajo “Fitness” y se programó la función objetivo en esta misma hoja. Posteriormente se enlazó el valor de la función objetivo al algoritmo genético y las constantes cinéticas a calibrar en la hoja de trabajo “Rates”. En la Tabla 3-12 se muestra la estimación del índice de coincidencia, para cada variable modelada y el valor promedio final obtenido, que corresponde a 0.72 en la calibración. Para la confirmación, no se realiza una nueva calibración, pero si se estima el valor de la función objetivo, que para este caso corresponde a 0.61.

Tabla 3-12. Valor final obtenido para la función objetivo – río Fraile

Variable	Unidades	Valor Fitness Calibración	Valor Fitness Confirmación
Conductividad	µs/cm	0.88	0.96
Sólidos suspendidos inorgánicos	mg/L	0.70	0.47
Oxígeno disuelto	mg/L	0.87	0.52
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	0.85	0.00*
Nitrógeno orgánico	mg/L	0.00*	0.83
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.00*	0.33
Nitratos	mg/L	0.00*	0.87
Fósforo orgánico	mg/L	0.95	0.00*
Fósforo inorgánico	mg/L	0.31	0.00*
Fitoplancton	mg/L	0.00*	0.46
Detritus	mg/L	0.83	0.34
Coliformes fecales	NPM/100mL	0.58	0.00*
Alcalinidad	mg/L	0.94	0.87
pH	mg/L	0.82	0.29
Nitrógeno total	mg/L	0.03	0.58
Fósforo total	mg/L	0.63	0.00*
Sólidos suspendidos totales	mg/L	0.71	0.46
Temperatura	°C	0.92	0.99
Promedio		0.72	0.61

Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023) *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 Fraile, o para la mayoría de ellas, se encontró por debajo del límite del método de cuantificación del laboratorio que realizó los análisis.

A continuación, se presentan los resultados gráficos obtenidos en la calibración y confirmación del modelo implementado para el río Fraile. En la Figura 3-3 se presenta la calibración y confirmación para el caudal. En la Figura 3-4, se observa para la calibración y confirmación para el parámetro del oxígeno disuelto. En la Figura 3-5 se presentan los resultados para la DBO5. En la Figura 3-6, se observan los resultados de los sólidos suspendidos totales (SST). Finalmente, en la Figura 3-7 se muestran los resultados para los patógenos (coliformes fecales).

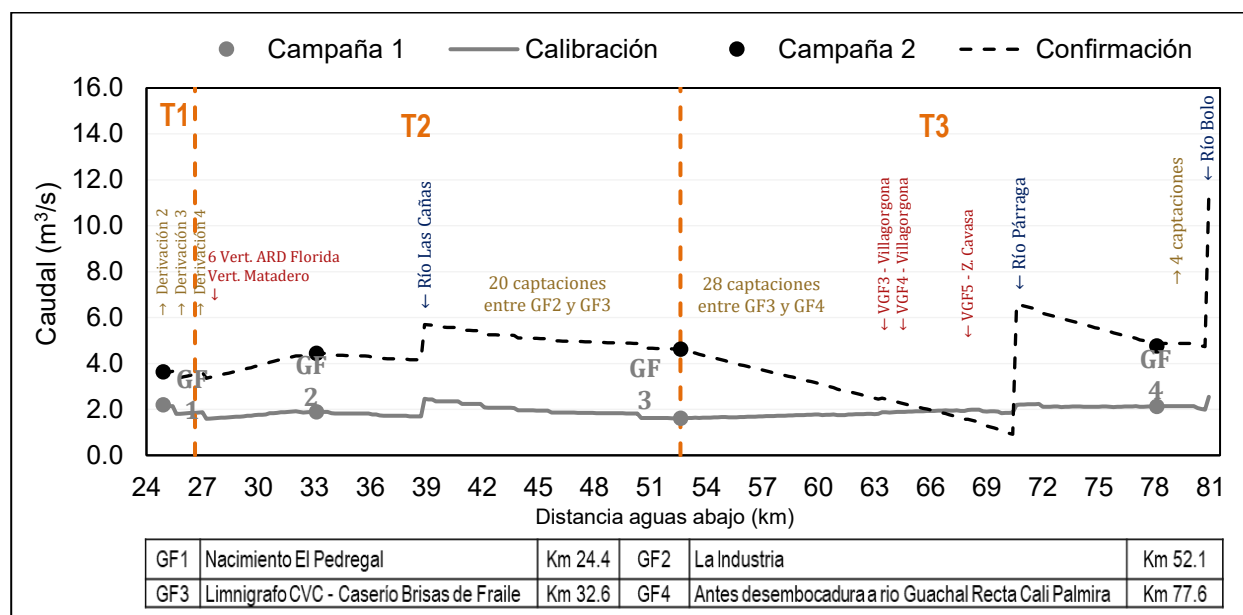


Figura 3-3. Calibración y confirmación de caudal Río Fraile

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

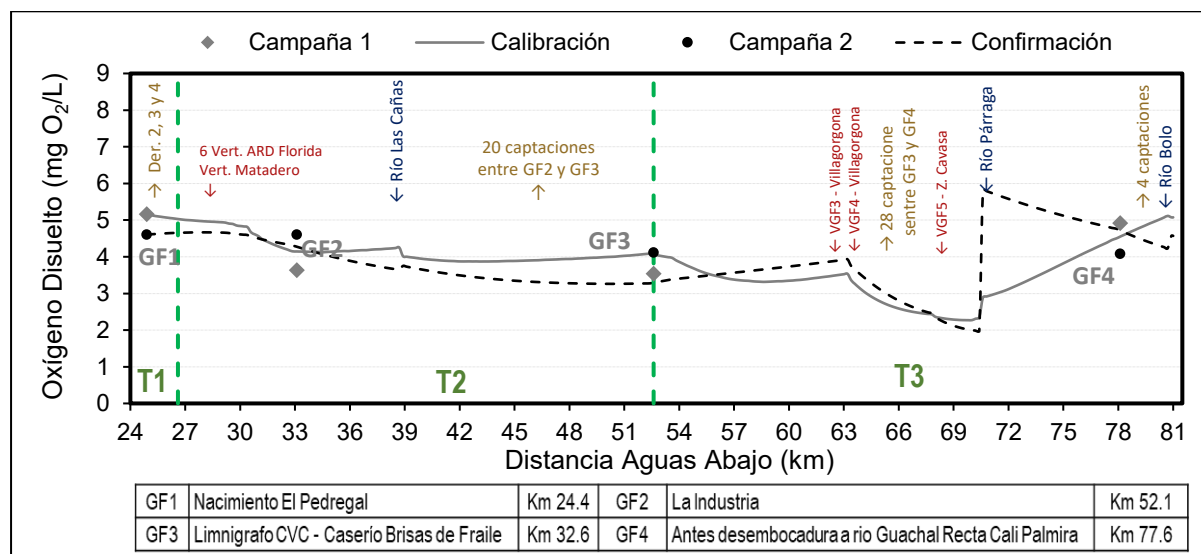
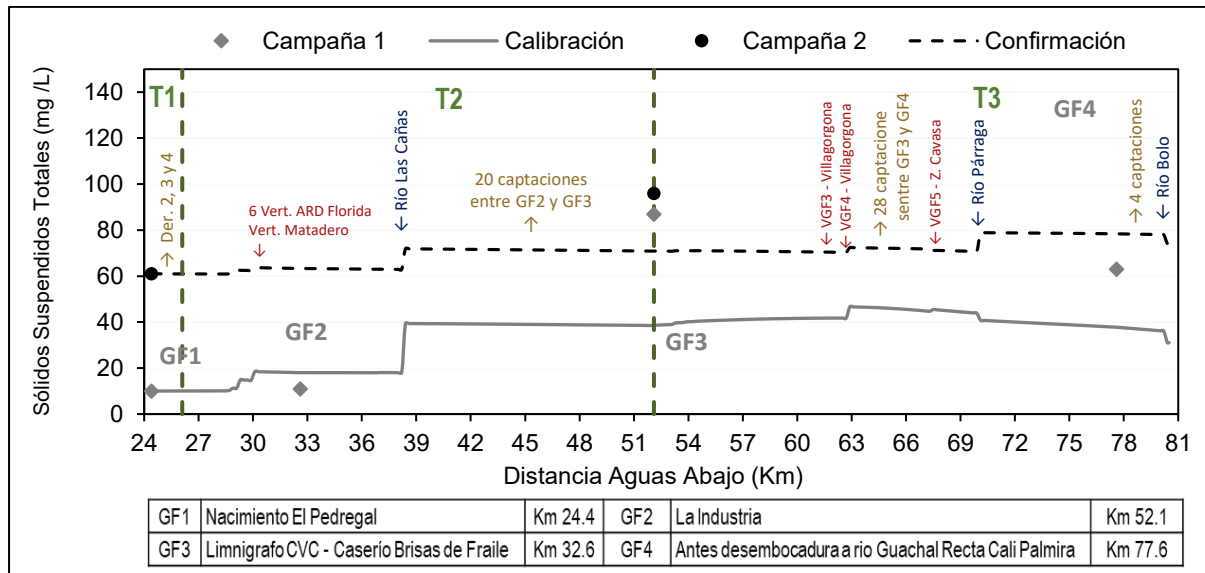
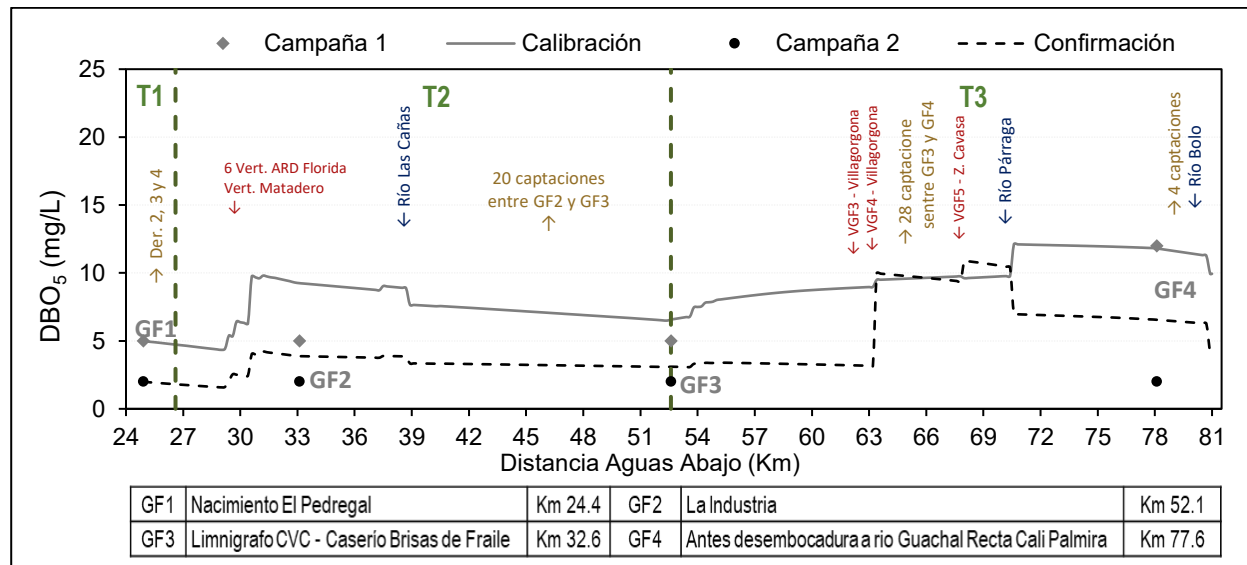


Figura 3-4. Calibración y confirmación oxígeno disuelto Río Fraile

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



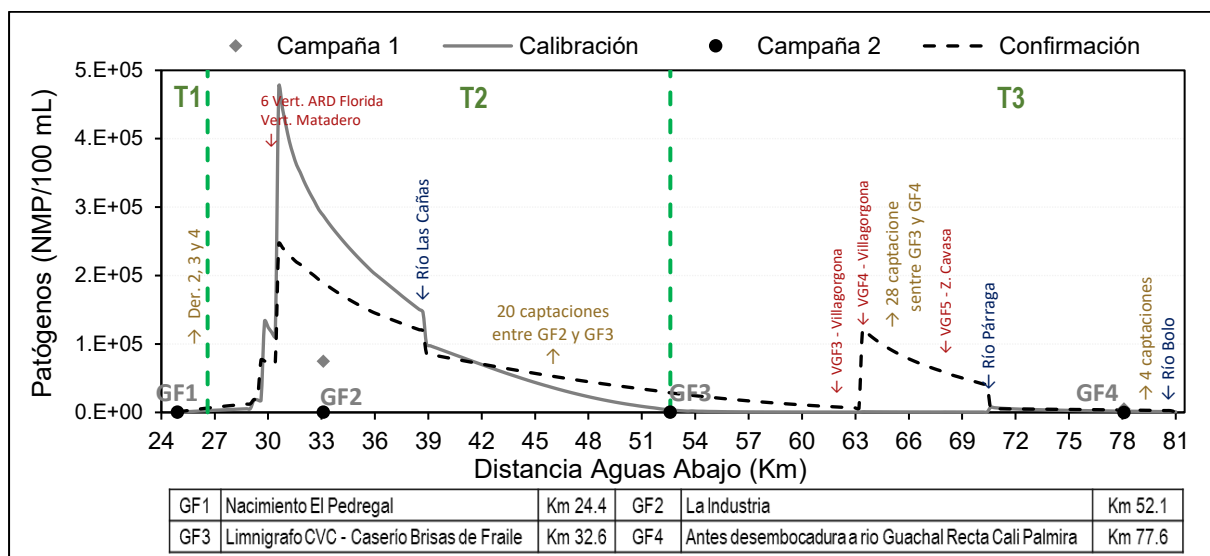


Figura 3-7. Calibración y confirmación patógenos Río Fraile

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

3.6 Formulación y simulación de escenarios

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

En total se simularon cuatro escenarios en el río Fraile mediante el modelo Qual2Kw, el primer escenario corresponde al escenario base (año 2024), y los tres escenarios restantes corresponden al escenario a corto plazo (año 2029), mediano plazo (año 2034) y largo plazo (Años 2039 y 2044). Todos los escenarios fueron simulados considerando el caudal ambiental tanto para la corriente principal como para sus tributarios. En la Tabla 3-13 se presenta el escenario base del río Fraile.

Tabla 3-13. Planteamiento del escenario base del Río Fraile

Tramo	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
							DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
Tramo 1	Punto de Monitoreo	GF1	Nacimiento El Pedregal	24.40	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	287.5	5.0	10.0
	Captación	D2	Derivación 2 (consumo humano El Pedregal 15 L/s + agrícola)	24.51	-	85.69	-	-
	Captación	D3	Derivación 3 (Municipio Florida Acuvallle Concesionado 345 L/s)	25.13	-	354.95	-	-
	Captación	D4	Derivación 4	26.80	-	292.67	-	-
-Tramo 2	Vertimiento	V1	VPC5 - Colector Pubenza casco urbano Florida	28.74	Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV	0.73Caudal proyectado año 1: Año 2024	181	343
	Vertimiento	V-GF1	V-GF1 - Casco urbano Florida (VPC4- Pte. Andrés Pastrana Arango o Colector Fajardo)	28.86	Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV	6.22	181	181
	Vertimiento	V2	VPC6 - Colector Cien Palos o Puente Horizonte casco urbano Florida	29.25	Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV	7.06	181	578
	Vertimiento	V3	VPC7 - Colector carrera 19 casco urbano Florida	30.75	Construcción y puesta en marcha PTAR Fase I municipio de Florida - Descarga en punto V-GF2. Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV	25.5	29.6	20.7
	Vertimiento	V-GF2	V-GF2 - Matadero + alcantarillado casco urbano Florida (VPC8-Colector Manuelaria)	30.75	Construcción y puesta en marcha PTAR Fase I municipio de Florida. Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV			
	Vertimiento	V4	VPC9 - Urbanización El Cedro + VPD1 asentamiento de desarrollo incompleto (30 viviendas)	31.26	Caudal proyectado año 2024 y Características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas en el PSMV	0.32	181	260.4
	Captación	D5	Tres usuarios	31.64	-	39.56	-	-
	Captación	D6	Ingenio La Cabaña (87C) - Hda Rio Fraile	31.80	-	29.05	-	-
	Punto de Monitoreo	GF2	La Industria	32.60	-	-	-	-
	Captación	D7	Tres usuarios	33.45	-	65.15	-	-
	Captación	D8	Ingenio María Luisa (101-5) - María Luisa (R. Cauca)	35.67	-	43.66	-	-
	Captación	D9	Ingenio María Luisa (101-4) - María Luisa (Centro)	36.08	-	35.34	-	-
	Captación	D10	Ingenio María Luisa (101-6) - María Luisa (Moscú)	36.16	-	13.14	-	-
	Vertimiento	V5	Ingenio María Luisa S.A.	36.96	Caudal actual y características fisicoquímicas actuales	1.94	304	90.5
	Captación	D11	Ingenio María Luisa (101-3) - María Luisa (La Isla)	37.56	-	16.65	-	-

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

Tramo	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
							DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	Afluente	A1	Rio Las Cañas	38.41	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	190	5.0	87.0
	Captación	D12	Ingenio María Luisa (101-2) - María Luisa (Briante)	38.53	-	19.24	-	-
	Captación	D13	Álvaro José Correa (114) - El Rhin	38.90	-	22.61	-	-
	Captación	D14	Dos usuarios	39.00	-	55.10	-	-
	Vertimiento	V6	San Antonio de los Caballeros (5%)	39.93	Caudal proyectado año 2024 y características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas	0.36	210.0	145.0
	Captación	D15	Cuatro usuarios	40.35	-	107.00	-	-
	Captación	D16	Sociedad Mayagüez S.A. - Casa de teja	41.49	-	-	-	-
	Captación	D17	Derivación 5	41.53	-	22.20	-	-
	Captación	D18	Dos usuarios	41.57	-	56.98	-	-
	Captación	D19	Ingenio Mayagüez S.A. (102) - Sincerin. California. Esmeralda. Coloradas. Delicias. Alsacia y Pensilvania	41.69	-	75.48	-	-
	Captación	D20	La Virginia S.A. (120) - Guayabo Negro 1	41.89	-	10.00	-	-
	Captación	D21	La Virginia S.A. (119) Antes Trapiche El Venteo. luego Caña dulce. ahora riego de caña - La Palestina II	43.34	-	105.14	-	-
	Captación	D22	La Virginia S.A. (120) - Ingenio Mayagüez - Actualmente INVERAGRO - Guayabo Negro 2	45.25	-	41.44	-	-
	Captación	D23	Derivación 6	45.27	-	45.14	-	-
	Captación	D24	Derivación 7 - Colapsó (489 L/s)	46.66	-	-	-	-
	Captación	D25	Cruz Lozada S.A. (134) - Jerusalén	47.62	-	15.00	-	-
	Vertimiento	V7	Finca La Regina	49.83	Caudal y características fisicoquímicas actuales	0.0053	74.9	46
	Captación	D26	Tres usuarios	49.93	-	196.60	-	-
	Captación	D27	El Triunfo	50.97	-	0	-	-
	Vertimiento	V8	Brisas del Fraile (PSMV Asentamiento Brisas del Fraile)	52.06	Caudal proyectado año 2024 y características fisicoquímicas de acuerdo con las cargas proyectadas	0.37	437.6	437.6
	Punto de Monitoreo	GF3	Limnigrafo CVC - Caserio Brisas de Fraile	52.10	-	-	-	-
Tramo 3	Captación	D28	Valladolid	52.18	-	3.70	-	-
	Captación	D29	Agropecuaria Ospina y Cía. - Potrero de Párraga	53.04	-	17.12	-	-
	Vertimiento	V9	Porcicola El Arenal	53.21	-	1.06	384.0	400.0
	Vertimiento	V10	Mirador del Fraile, PIDU o Dubái	53.30	Caudal actual y características fisicoquímicas actuales	1.70	217.9	261.4
	Vertimiento	V12	Asociación Porcicola de Arenal S.A.S.	53.33	Caudal actual y características fisicoquímicas actuales	1.56	166.0	240.0
	Vertimiento	V13	Arenal	53.87	Caudal actual y características fisicoquímicas actuales	0.68	220.0	220.0
	Vertimiento	V14	Pueblito Viejo + El Arenal	53.87	Caudal actual y características fisicoquímicas actuales	0.83	292.8	351.4
	Captación	D30	Ingenio Central Castilla S.A. (85) - Hda Buchitolo	54.49	-	7.40	-	-
	Vertimiento	V15	Villa Silvena	54.57	Caudal y características fisicoquímicas actuales	0.71	218.4	262.1
	Vertimiento	V17	Villa Lorena	54.73	Proyecto urbanístico en fase de construcción. Se contempla iniciar operación en corto plazo	-	-	-
	Captación	D31	Eduardo Cañón Bravo y Cía. - El Arenal	54.80	-	18.87	-	-
	Captación	D32	Osiris Ltda. (121) - Hda Paraguay	59.00	-	0.96	-	-

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

Tramo	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
							DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	Captación	D33	Eugenia Barney de Becerra y Otros (126) - La Guaca	59.62	-	26.27	-	-
	Captación	D34	Fernando Paz Bautista (195) - La Guaca	60.48	-	25.90	-	-
	Captación	D35	Arcesio Paz (196) - La Guaca	60.48	-	3.33	-	-
	Captación	D36	Ingenio Mayagüez S.A. - Las Américas	60.62	-	3.06	-	-
	Captación	D37	Libia Calle Hoyos y Otros - Las Américas	60.69	-	3.06	-	-
	Captación	D38	Harinera del Valle (197) - Santa Teresita	62.56	-	14.80	-	-
	Vertimiento	V16	Pollos El Bucanero	62.80	Caudal y características fisicoquímicas actuales	4.61	39.5	100.0
	Vertimiento	V-GF4	V-GF4 - Vertimiento corregimiento Villagorgona (Gorgona viejo + Buchitolo)	62.81	Caudal proyectado año 2024. Hace parte de la red de alcantarillado de Buchitolo y se encuentra en construcción la PTAR El Carmelo (PTAR Cavasa) en el corto plazo	52.78	275.2	234.6
	Vertimiento	V-GF3	V-GF3 - Vertimiento corregimiento Villagorgona - Barrios La Aldea y La Victoria	62.81	Caudal proyectado año 2024. Hace parte de la red de alcantarillado de Buchitolo y se encuentra en construcción la PTAR El Carmelo (PTAR Cavasa) en el corto plazo	41.25	275.2	234.6
	Captación	D39	Quince S.A. (131) - Guales	63.36	-	18.41	-	-
	Captación	D40	Adriana Patricia Mejía Hoyos (179) - Palomar (Antes Canadá)	66.60	-	15.43	-	-
	Captación	D41	Antonio José Gómez Camacho - Hacienda Grecia	67.01	-	35.00	-	-
	Vertimiento	V-GF5	Vertimiento corregimiento Villagorgona - Zanjón Cavasa	67.53	Caudal proyectado año 2024. Hace parte de la red de alcantarillado de Buchitolo y se encuentra en construcción la PTAR El Carmelo (PTAR Cavasa) en el corto plazo	58.38	275.2	234.6
	Captación	D42	José Antonio Bueno Castro & CIA S. en .C - Las Palmas	68.37	-	76.71	-	-
	Captación	D43	Álvaro Bryon Jiménez (180) - Entrerios	68.46	-	7.22	-	-
	Captación	D44	Derivación 8	68.46	-	11.46	-	-
	Captación	D45	Derivación 9	69.15	-	25.00	-	-
	Captación	D46	Francisco Javier Tafur Orejuela - Potosí (Jordán. San José. Los Pinos)	69.29	-	63.00	-	-
	Captación	D47	Cinco usuarios	70.05	-	45.42	-	-
	Afluente	A2	Rio Párraga	70.07	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	247.54	17.29	19.56
	Captación	D48	Dos usuarios	71.53	-	27.60	-	-
	Captación	D49	Derivación 10	71.53	-	104.34	-	-
	Captación	D50	María Elena Calero Cruz (146) - Malayas	72.38	-	3.33	-	-
	Captación	D51	Clara Emma Peláez de Consuegra (143) - Borneo	72.47	-	27.60	-	-
	Captación	D52	Guerrero Quintero Hermanos LTDA (198) - Cantarrana	73.75	-	30.71	-	-
	Captación	D53	Inversiones Balbueno S.A.S. - Campo Alegre	74.32	-	11.10	-	-
	Captación	D54	Blanca Mejía de Solano - Casablanca	75.02	-	16.65	-	-

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

Tramo	Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal (L/s)	Calidad	
							DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	Captación	D55	Agromercol S.A (190) - La Chica (Tafur)	75.30	-	17.70	-	-
	Captación	D56	Dos usuarios	76.63	-	29.94	-	-
	Vertimiento	V18	FIRMATCO (Proyecto para incluir en escenarios)	77.56	Proyecto urbanístico en fase de construcción. Se contempla iniciar operación en corto plazo			
	Punto de Monitoreo	GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	77.60	-	-	-	-
	Captación	D57	Tres usuarios	79.82	-	79.40	-	-
	Captación	D58	SOCEIDAD EV SAS - José Vicente Borrero - Guales (Cavasa)	80.07	-	18.70	-	-
	Captación	D59	Hilde Rengifo Zamorano - Guales	80.07	-	16.38	-	-
	Captación	D60	Alejandro Vélez y Cía. (202) - Hda Maravelez	80.19	-	34.04	-	-
	Afluente	A3	Rio Bolo	80.48	Caudal ambiental y Características fisicoquímicas tiempo seco	522	2.27	37.9
	Punto final		Confluencia con río Guachal	80.50	-	-	-	-

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

Escenario a corto plazo (5 años) para el Río Fraile

Para el horizonte de cinco años, se propone la implementación de las siguientes estrategias orientadas a la conservación y recuperación de la calidad hídrica del Río Fraile:

1. Conservación del caudal ambiental

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.

2. Uso eficiente del recurso hídrico

Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.

3. Cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Florida

Eliminar los siguientes puntos de vertimiento y asegurar la conducción de los vertimientos hasta la PTAR del área urbana de Florida:

- VPC1
- VPC2
- VPC3
- VPD

4. Infraestructura de tratamiento de aguas residuales

Construcción, operación y mantenimiento de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del área urbana de Florida en cumplimiento de las cargas máximas permisibles establecidas en el PSMV.

Construcción y puesta en operación de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Carmelo, en el municipio de Candelaria, para el tratamiento de vertimientos provenientes de los corregimientos de El Carmelo, Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, barrios La Aldea y La Victoria), San Joaquín y otros desarrollos urbanísticos en curso, en cumplimiento de las cargas máximas permisibles.

5. Gestión ambiental de nuevos desarrollos urbanísticos

Construcción, puesta en marcha y operación de las PTAR de los siguientes proyectos urbanísticos, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, según el caudal del proyecto y sus características fisicoquímicas:

- Villa Lorena
- Mirador del Fraile / PIDU / Dubái
- FIRMATCO

6. Cumplimiento normativo de vertimientos existentes

Verificación y exigencia del cumplimiento de la normativa vigente en materia de vertimientos, así como de las cargas máximas permisibles establecidas en los permisos otorgados a los usuarios identificados en el escenario de línea base (Tabla 3-13).

Escenario a mediano plazo (10 años) para el Río Fraile

Para el horizonte de diez años, se propone la implementación de las siguientes estrategias orientadas a la conservación y recuperación de la calidad hídrica del Río Fraile:

1. Conservación del caudal ambiental

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.

2. Uso eficiente del recurso hídrico

Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.

3. Cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Florida

Eliminar los siguientes puntos de vertimiento y asegurar la conducción de los vertimientos hasta la PTAR del área urbana de Florida:

- VPC4 hasta VPC9

Asegurar el cumplimiento de las cargas proyectadas en el PSMV para los siguientes puntos de vertimiento:

- VPC9 – Urbanización El Cedro + VPD1 – Asentamiento de desarrollo incompleto

4. Infraestructura de tratamiento de aguas residuales

Operación y mantenimiento de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del área urbana de Florida en cumplimiento de las cargas máximas permisibles establecidas en el PSMV.

Construcción y puesta en operación de la Fase II de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del área urbana del municipio de Florida.

Operación y mantenimiento de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Carmelo, en el municipio de Candelaria, para el tratamiento de vertimientos provenientes de los corregimientos de El Carmelo, Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, barrios La Aldea y La Victoria), San Joaquín y otros desarrollos urbanísticos en curso, en cumplimiento de las cargas máximas permisibles.

5. Gestión ambiental de desarrollos urbanísticos

Operación y mantenimiento de las PTAR de los siguientes proyectos urbanísticos, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, según el caudal del proyecto y sus características fisicoquímicas:

- Villa Lorena
- Mirador del Fraile / PIDU / Dubái
- FIRMATCO

6. Cumplimiento normativo de vertimientos existentes

Verificación y exigencia del cumplimiento de la normativa vigente en materia de vertimientos, así como de las cargas máximas permisibles establecidas en los permisos otorgados a los usuarios identificados en el escenario de línea base (Tabla 3-13).

Escenario a largo plazo (20 años) para el Río Fraile

Para el horizonte de veinte años, se propone la implementación de las siguientes estrategias orientadas a la conservación y recuperación de la calidad hídrica del Río Fraile:

1. Conservación del caudal ambiental

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.

2. Uso eficiente del recurso hídrico

Promover prácticas de uso racional y ahorro de agua entre todos los usuarios, con el objetivo de disminuir la captación directa desde la fuente y reducir la carga contaminante de las aguas residuales vertidas.

3. Cumplimiento del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del municipio de Florida

Asegurar el cumplimiento de las cargas proyectadas en el PSMV

4. Infraestructura de tratamiento de aguas residuales

Operación y mantenimiento de la Fase I y II de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del área urbana de Florida en cumplimiento de las cargas máximas permisibles establecidas en el PSMV.

Operación y mantenimiento de la Fase I de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Carmelo, en el municipio de Candelaria, para el tratamiento de vertimientos provenientes de los corregimientos de El Carmelo, Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, barrios La Aldea y La Victoria), San Joaquín y otros desarrollos urbanísticos en curso, en cumplimiento de las cargas máximas permisibles.

Eliminación del vertimiento V6 – San Antonio de los Caballeros del río Fraile y su tratamiento en cumplimiento de la norma de vertimiento vigente.

Construcción, operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales de los siguientes vertimientos en cumplimiento de la norma de vertimiento vigente:

- V8 – Brisas del Fraile en cumplimiento de las cargas proyectadas en el PSMV
- V13 – Arenal
- V14 – Pueblito Viejo – Arenal
- V15 – Villa Silvena

5. Gestión ambiental de desarrollos urbanísticos

Operación y mantenimiento de las PTAR de los siguientes proyectos urbanísticos, garantizando el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015, según el caudal del proyecto y sus características fisicoquímicas:

- Villa Lorena
- Mirador del Fraile / PIDU / Dubái
- FIRMATCO

6. Cumplimiento normativo de vertimientos existentes

Verificación y exigencia del cumplimiento de la normativa vigente en materia de vertimientos, así como de las cargas máximas permisibles establecidas en los permisos otorgados a los usuarios identificados en el escenario de línea base (Tabla 3-13).

De acuerdo con el planteamiento presentado anteriormente, se observan a continuación las gráficas para caudal de cada uno de los escenarios planteados, así como una comparación de estos caudales con el caudal ecológico del río Fraile, que de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.2.3 del Decreto 1076 de 2015, asegura la cantidad de agua necesaria para mantener y preservar los ecosistemas en la corriente, así como el mantenimiento de las funciones ecológicas, el transporte de sedimentos, la recarga de acuíferos y otros procesos naturales que son llevados a cabo en la corriente.

Adicionalmente y de acuerdo con los resultados presentados en este apartado y en el “Informe 5 - Identificación de usos potenciales: prospectiva” se adicionaron a las gráficas de temperatura, oxígeno disuelto, DBO5, SST, pH y Coliformes, los objetivos de calidad establecidos para cada uno de los tramos de la corriente en el corto, mediano y largo plazo.

Se observa en la Figura 3-8 los resultados para el caudal del río Fraile en los escenarios evaluados, allí se observan valores similares de caudal para los tramos I y II, mientras que para el tramo III, se observan valores de caudal más altos para los escenarios mediano y largo plazo. El caudal en la cabecera se encuentra alrededor de 290 L/s y al finalizar el tramo de modelación el caudal se encuentra entre 1500 a 2000 L/s.

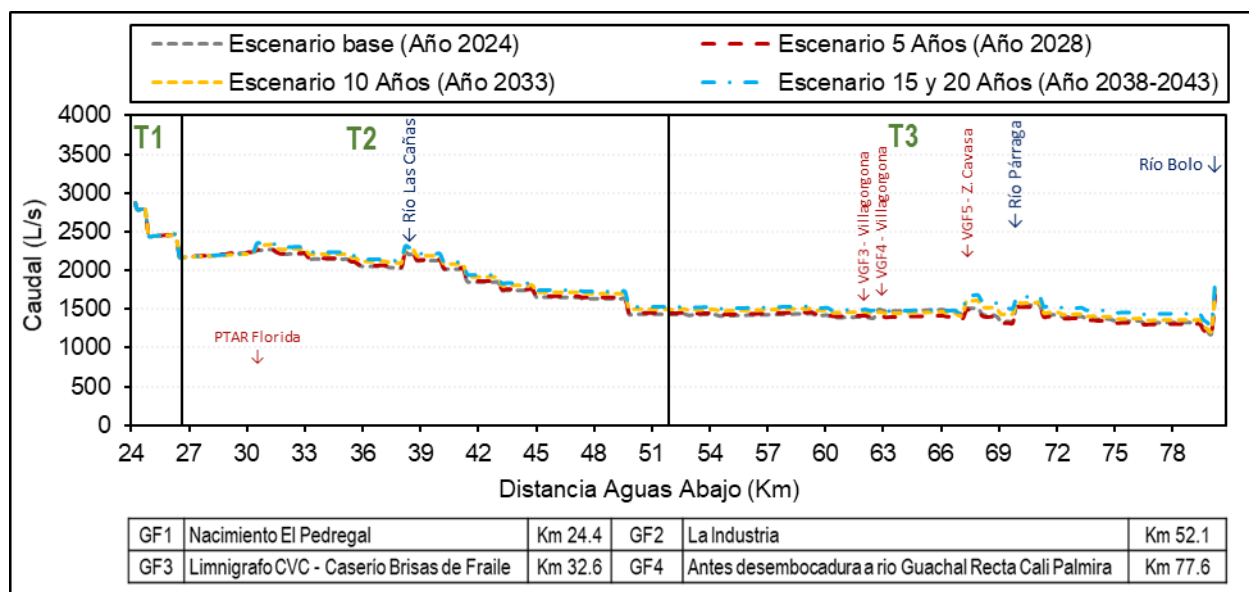


Figura 3-8 Escenarios para caudal Río Fraile

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

En el caso del oxígeno disuelto, el cual se muestra en la Figura 3-9, se observa para el tramo I que todos los escenarios tienen el mismo comportamiento. Por otra parte, para el tramo II se observa una reducción asociada al ingreso de los vertimientos del municipio de Florida, en los escenarios base y 5 años apenas el 30% del total de los vertimientos de este municipio serán tratados en la PTAR, por lo cual se observa una reducción de esta variable desde el kilómetro 28 hasta el 31, posteriormente se observa un aumento gradual hasta el tramo III, donde debido a la profundidad del cauce y la baja velocidad de la corriente se presenta una reducción gradual hasta el ingreso de los vertimientos de Villagorgona, los cuales reducen esta concentración hasta valores alrededor de 1 mg/L, luego del ingreso de los ríos Párraga y Bolo la concentración aumenta hasta casi 3 mg/L.

En cuanto a los escenarios de 10, 15 y 20 años, la PTAR Florida tratará el 100% de las aguas residuales del municipio, lo cual incluye tres vertimientos de descargaban sobre el río Párraga y ahora descargarán en su totalidad sobre el río Fraile, junto con los demás vertimientos que ya descargaban allí; debido a esto, la descarga de la PTAR genera una reducción mayor en la concentración de oxígeno disuelto, mostrando una reducción entre 2 y 3 mg/L. Luego del ingreso del río Las Cañas la concentración de oxígeno aumenta un hasta 4 mg/L, donde se reduce nuevamente, debido a la profundidad del cauce y la disminución de la velocidad de la corriente en el tramo III. Para el caso de la PTAR Cavasa, que descargará en el punto VGF5, para los escenarios de 10, 15 y 20 años, se espera que integre los vertimientos VGF3, VGF4, VGF5 y otros proyectos urbanísticos en desarrollo, por lo cual se observa para este punto (kilómetro 67.5) una reducción del oxígeno disuelto hasta 1 mg/L. Luego de esto la concentración aumenta debido al ingreso del río Párraga, sin embargo, se reduce nuevamente. Para todos los escenarios, salvo para el escenario a 5 años, la concentración final de OD es inferior a 3 mg/L. Para los tramos 1 y 2 el objetivo de calidad se cumple en todos los casos, mientras que para el tramo 3 entre los kilómetros 67 y 80 se observa un incumplimiento; al finalizar el tramo el objetivo de calidad se cumple.

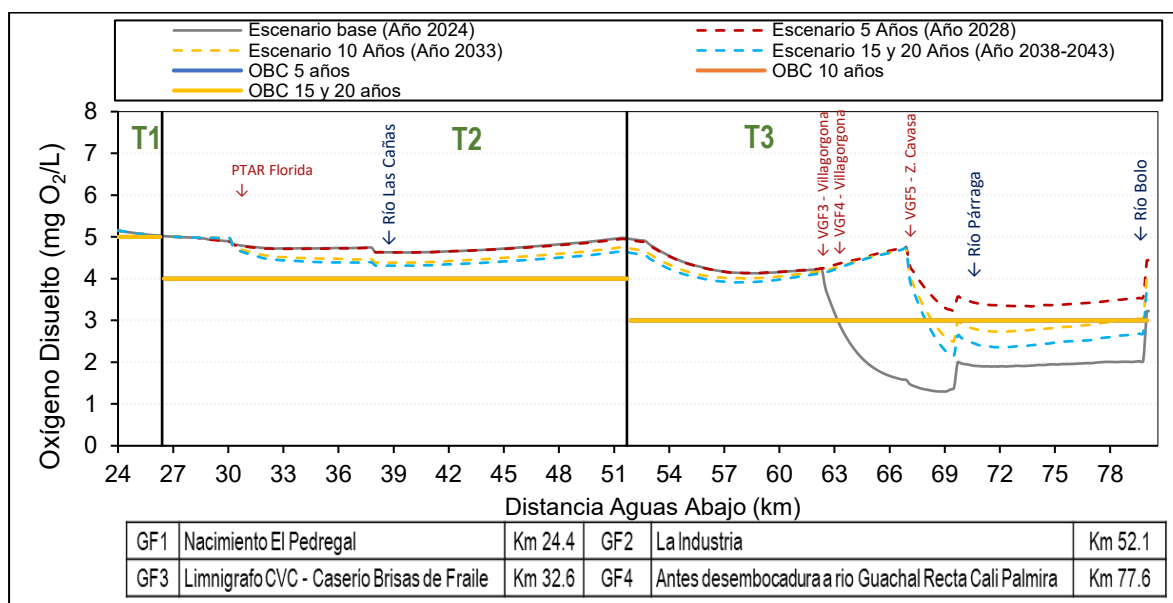


Figura 3-9 Escenarios para oxígeno disuelto Río Fraile

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

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno – DBO_5 en la Figura 3-10 se observan las concentraciones más elevadas en el tramo II para el escenario base (año 2024) y escenarios a 5 años, mientras que para el tramo III la concentración más alta se da en el escenario base, teniendo en cuenta las acciones planificadas para el escenario a 5 años, a partir del cual las concentraciones para la corriente mejoran. Para los escenarios de 10, 15 y 20 años la concentración en el tramo I y II no supera los 10 mg/L, y en el tramo III, la concentración no supera los 17 mg/L. Se observa que para la DBO_5 las concentraciones se reducen luego de que las plantas de tratamiento que se esperan construir entren en funcionamiento. Los objetivos de calidad se cumplen para cada uno de los plazos en todos los tramos modelados, salvo para el objetivo de calidad a largo plazo, en el tramo 1.

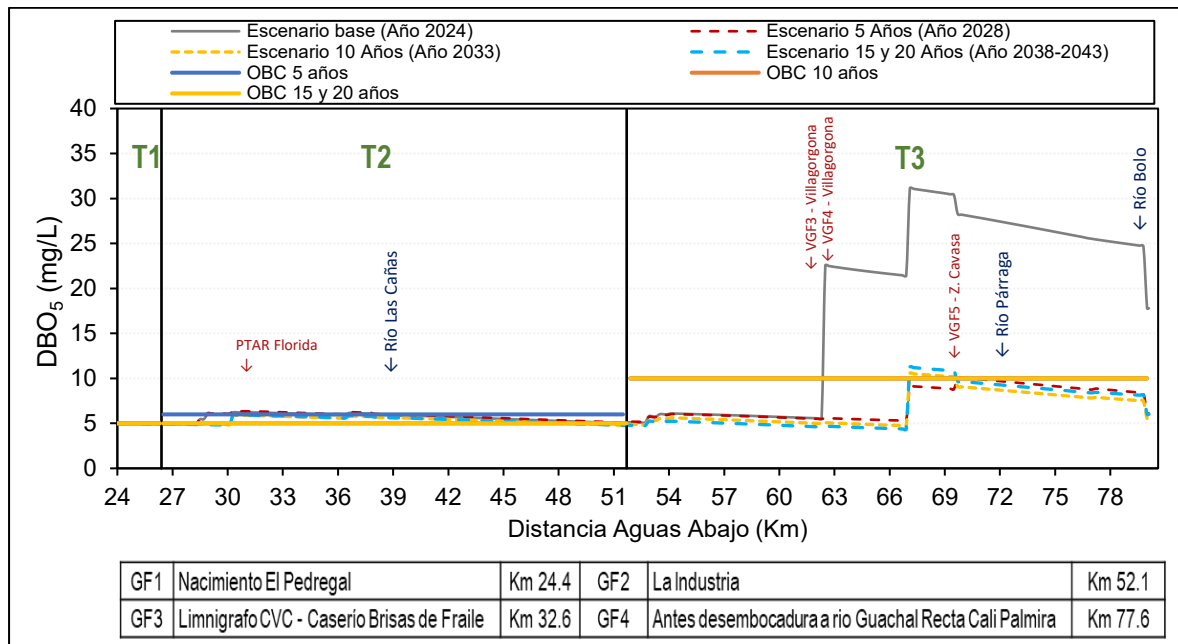


Figura 3-10 Escenarios para DBO5 Río Fraile

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

Los sólidos suspendidos totales – SST, los cuales se muestran en la Figura 3-11, presentan un comportamiento similar al presentado para la variable anterior. Para los escenarios base y 5 años, las concentraciones fueron las más elevadas en el tramo II. Mientras que, para los escenarios de 10, 15 y 20 años, donde se implementarán acciones de depuración de contaminantes y gradualmente operarán en un 100% las PTAR, las concentraciones de sólidos disminuyen en los tramos II y III. El objetivo de calidad se cumple para todos los tramos y en todos los plazos evaluados.

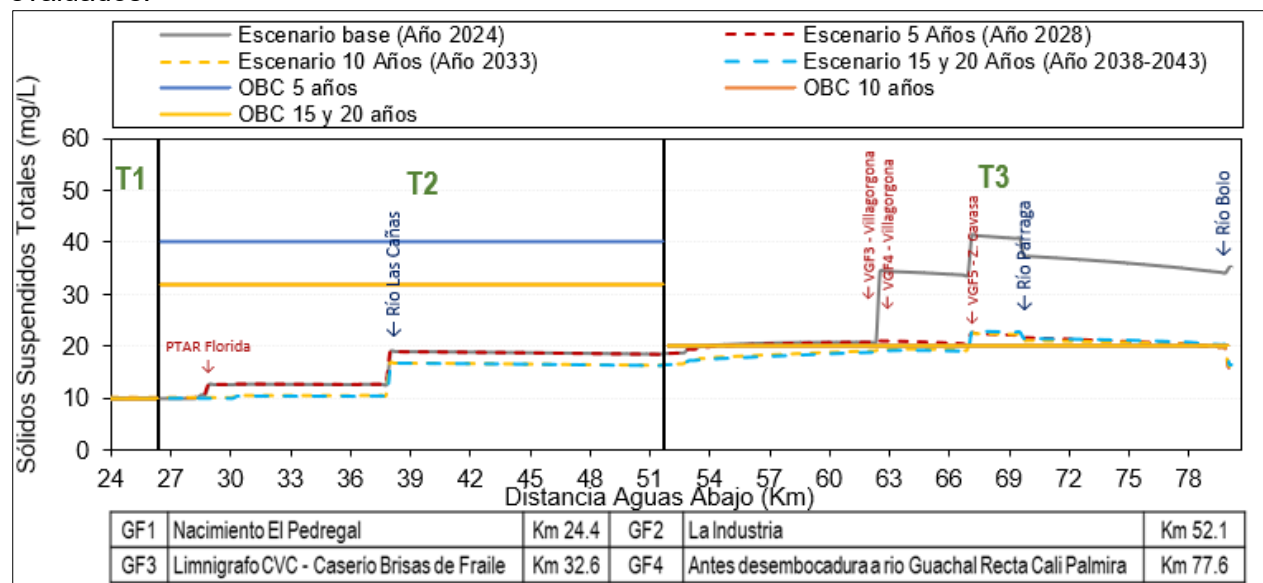


Figura 3-11 Escenarios para SST Río Fraile

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

Por último, la concentración de patógenos (Figura 3-12) más alta se presenta en los escenarios base (año 2024) y 5 años, donde el 30% de los vertimientos de Florida se descargarán luego de ser tratados y los demás vertimientos descargarán sin tratamiento. Para los escenarios 10, 15 y 20 años la concentración de patógenos se reduce debido a la implementación de las PTAR que incorpora el tratamiento completo de los vertimientos del municipio de Florida y del corregimiento de Villagorgona. Las PTAR que serán implementadas están compuestas en el caso del municipio de Florida de un sistema de lodos activados y un sedimentador y la PTAR Cavasa de un filtro percolador, lodos activados y sedimentador. De acuerdo con el artículo 184 de la resolución 330 de 2017 el filtro percolador remueve entre 80-90% de patógenos, el sistema de lodos activados entre 80-90%, y el sedimentador entre 30-50%. Por lo cual es posible evidenciar para los escenarios de 10 a 20 años, que se logran remociones importantes de patógenos sobre la corriente.

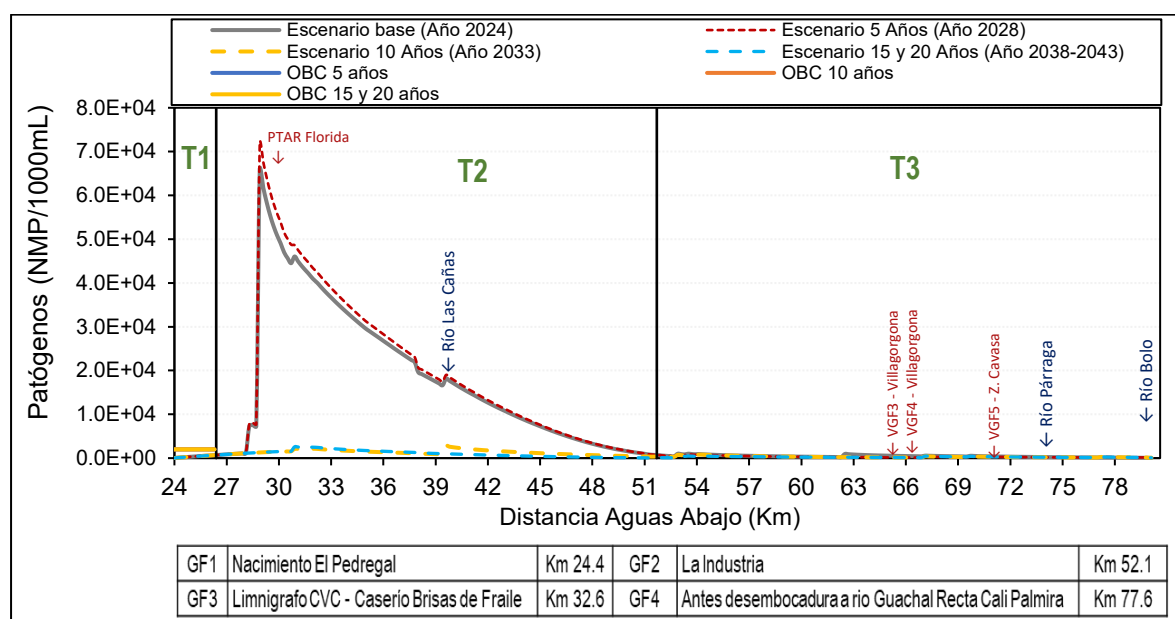


Figura 3-12 Escenarios para patógenos Río Fraile

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

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

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

De acuerdo con el 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 Fraile, como se muestra en la Tabla 3-14.

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

Tramo		Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾				Uso Potencial	Clasificación ⁽²⁾
			Inicio tramo		Fin tramo			
			X	Y	X	Y		
I	Desde el punto de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal en el kilómetro 24.4, hasta la Derivación 4 en el kilómetro 26.8	2.4	1096541.923	857281.883	1095029.287	858040.434	Consumo humano y doméstico ³ , agrícola ⁴ , pecuario, piscícola, preservación de flora y fauna	Clase I
II	Desde la Derivación 4 en el kilómetro 26.8, hasta el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1	25.3	1095029.287	858040.434	1080893.236	864892.607	Uso agrícola ⁴ , pecuario, preservación de flora y fauna	Clase II
III	Desde el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1, hasta la confluencia del río Bolo con el río Fraile en el kilómetro 80.5	28.4	1080893.236	864892.607	1068488.721	880268.594	Uso agrícola ⁴ , pecuario	Clase II

⁽¹⁾ Sistema Magna Colombia Oeste

⁽²⁾ Clase I: Cuerpos de agua que no admiten vertimientos, Clase II: Cuerpo de agua que admiten vertimientos con algún tratamiento

⁽³⁾ Uso de consumo humano y doméstico que para su potabilización requiere tratamiento convencional

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

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

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

Los objetivos de calidad se definieron considerando las condiciones más críticas en términos de capacidad de asimilación de la carga contaminante en el cuerpo de agua. Se tomaron en cuenta, la clasificación de cada tramo del río, los usos actuales y potenciales, los valores históricos de las variables de calidad del cuerpo de agua como herramienta de apoyo para los valores de concentración obtenidos en los distintos escenarios simulados, todo en función de lo establecido

en la guía de ordenamiento del recurso hídrico (MADS, 2018) y en los criterios de calidad definidos en la normativa vigente. De acuerdo con los análisis realizados, con los resultados de la modelación de los escenarios, se definieron los objetivos de calidad por tramos para el río Fraile como se presenta en la Tabla 3-15.

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

Tramo	Nombre del tramo	Uso potencial	Criterio de calidad	Unidades	Objetivos de calidad		
					Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo plazo
					5 años	10 años	15 y 20 años
I	Desde el punto de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal en el kilómetro 24.4, hasta la Derivación 4 en el kilómetro 26.8	Consumo humano y doméstico ³ , agrícola ² , pecuario, piscícola, preservación de flora y fauna.	Caudal ⁽¹⁾	L/s	318	318	318
			OD	mg O ₂ /L	≥ 5	≥ 5	≥ 5
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 5	≤ 5	≤ 5
			SST	mg/L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			pH	U pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
			Coliformes Fecales	NMP/100 mL	≤ 2000	≤ 2000	≤ 2000
II	Desde la Derivación 4 en el kilómetro 26.8, hasta el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1	Uso agrícola ² , pecuario, preservación de flora y fauna	Caudal ⁽¹⁾	L/s	606	666	687
			OD	mg O ₂ /L	≥ 4	≥ 4	≥ 4
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 6	≤ 5	≤ 5
			SST	mg/L	≤ 40	≤ 32	≤ 32
			pH	U pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5
III	Desde el punto de monitoreo GF3 - Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile en el kilómetro 52.1, hasta la confluencia del río Bolo con el río Fraile en el kilómetro 80.5	Uso agrícola ² , pecuario	Caudal ⁽¹⁾	L/s	1770	1896	2024
			OD	mg O ₂ /L	≥ 3	≥ 3	≥ 3
			Temperatura	°C	≤ 30	≤ 30	≤ 30
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			SST	mg/L	≤ 20	≤ 20	≤ 20
			pH	U pH	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5	6.5 a 8.5

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

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

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

⁽³⁾ Uso de consumo humano y doméstico que para su potabilización requiere tratamiento convencional Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

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

La formulación del PORH del río Fraile, en el sistema 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 Fraile se identificaron vertimientos de origen doméstico provenientes del municipio de Florida, el cual descarga también el vertimiento del matadero, el corregimiento de Villagorgona, asentamientos y proyectos de vivienda; mientras que los vertimientos de origen no doméstico corresponden a porcícolas, ingenios y avícolas, entre otros.

Desde el año base (año 2024), se implementaron acciones para el tratamiento parcial de los vertimientos del municipio de Florida. A partir del corto plazo, año 2028, se propone el tratamiento de algunas urbanizaciones, proyectos de vivienda y la puesta en marcha de la PTAR CAVASA que recibe la descarga de las aguas residuales de Villagorgona, Gorgona Viejo, Buchitolo, La Aldea y La Victoria y otros proyectos urbanísticos en desarrollo. Para el mediano plazo, la PTAR del municipio de Florida entrara en operación en un 100% y finalmente, para el largo plazo, los vertimientos restantes se descargarán siendo tratados y el vertimiento de San Antonio de los Caballeros se conducirá a una PTAR que descargará sus ARD sobre el río Párraga.

De acuerdo con los resultados del estudio de la modelación de la calidad del agua del río Fraile, realizados mediante la herramienta QUAL2Kw, y los escenarios planteados para este cuerpo de agua, se estimaron las metas de cargas contaminantes de DBO₅ y SST vertidas al río que permitan garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad en cada tramo de estudio.

En la Tabla 3-16 las cargas proyectas, las cargas máximas permisibles y la carga a remover por cada tramo de análisis del río Fraile.

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

Tramo	Carga	Carga base 2024 (kg/año)		Carga a remover (kg/año)							
				Año 2029 (5 años)		Año 2034 (10 años)		Año 2039 (15 años)		Año 2044 (20 años)	
		DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
I	Proyectada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Máxima permisible	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Carga a remover	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
II	Proyectada	131632	203526	354283	329495	808697	767511	886593	843263	969171	922871
	Máxima permisible	131632	203526	140741	219820	121948	121361	117024	78595	123814	83561
	Carga a remover	0.0	0.0	213542	109675	686749	646149	769569	764667	845357	839310
III	Proyectada	1378421	1201096	1068098	921182	1684264	1434665	3162194	2666300	2038342	1729737
	Máxima permisible	1378421	1201096	256253	242524	377539	349125	663658	591354	436796	396919
	Carga a remover	0.0	0.0	811845	678659	1306725	1085540	2498536	2074946	1601546	1332818

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 Fraile

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

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

4.1.1 Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad

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

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

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

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
CP	GF1	Nacimiento El Pedregal	24.40	1096550.5	857292.5038
CP	GF2	La Industria	32.60	1090802.264	860344.1938
CP	GF3	Limnigrafo CVC - Caserío Brisas de Fraile	52.10	1080894.838	864895.072
CP	GF4	Antes Desembocadura a río Guachal Recta Cali Palmira	77.60	1069111.721	878602.4925

CP: Corriente principal

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

Tabla 4-2. Variables de calidad del programa de seguimiento y monitoreo del río Fraile

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

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

Notas

⁽¹⁾ Estos parámetros serán medidos en la estación de monitoreo GF1 - Nacimiento El Pedregal

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

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, Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas, 2004), Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua (IDEAM, Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo del Agua, 2007) y la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (IDEAM, 2018).

Medición de parámetros hidrobiológicos:

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

4.1.1.1 La Frecuencia de monitoreo

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

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

4.1.2 Seguimiento a usuarios del recurso hídrico

En la Tabla 4-3 se pueden observar los puntos propuestos para la red de seguimiento y monitoreo de vertimientos, cuyas actividades se proponen con una frecuencia de una vez cada año teniendo en cuenta una temporada climática seca.

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

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
V-GF2	PTAR Municipio de Florida (VPC4, VPC5, VPC6, VPC7 y VPC8)	30.7	1092207,925	859612,7115
V4	VPC9 - Urbanización El Cedro	31.3	1091832,879	859899,6228
V5	Ingenio María Luisa S.A.	37.0	1087309,552	861542,4677
V6	San Antonio de los Caballeros (5%)	39.9	1087309,515	861542,4856

ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Latitud (1)	Longitud (1)
V7	Finca La Regina	49.8	1081566,07	863957,7348
V8	Brisas del Fraile (PSMV Asentamiento Brisas del Fraile)	52.1	1080939,033	864829,9816
V9	Porcicola El Arenal	53.2	1080390,412	866538,1419
V10	Mirador del Fraile, PIDU o Dubái	53.3	1080656,479	865765,1528
V11	Porcicola Cervalle	53.3	1080481,556	865609,8932
V12	Asociación Porcícola de Arenal S.A.S.	53.3	1080471,366	865613,2647
V13	Arenal	53.9	1080524,969	866177,2986
V14	Pueblito Viejo + El Arenal	53.9	1080295,146	865955,9531
V15	Villa Silvena	54.6	1079989,015	866640,7503
V17	Villa Lorena	54.7	1079858,394	866691,339
V16	Pollos El Bucanero	62.8	1076292,499	868464,2754
V-GF5	PTAR El Carmelo - Vertimientos Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, La Aldea y La Victoria) y otros proyectos urbanísticos en desarrollo	67.5	1073496,87	871220,8188
V31	FIRMATCO (Proyecto para incluir en escenarios)	77.6	1069127,208	878522,6358

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

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

4.1.3 Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación

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

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

La toma de muestras en cada estación debe realizarse en función de los tiempos de viaje obtenidos en el estudio hidrodinámico realizado para condiciones de baja y alta

precipitación, cumpliendo así el seguimiento a la masa del agua propuesta en MADS (2018). Las campañas de monitoreo con fines de calibración y validación deben desarrollarse como mínimo una vez al finalizar el mediano plazo (decimoprimer año) o antes si se presentan situaciones que justifiquen la necesidad.

4.2 Estructura del componente programático del PORH del río Fraile

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 Fraile en articulación con los planteamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MAVDT, 2010), en cuanto a los objetivos específicos.

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

4.2.1 Línea Estratégica 1: Gestión de la calidad del agua

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

4.2.2 Línea Estratégica 2: Gestión de la oferta

La Línea Estratégica de Gestión de la Oferta está orientada a garantizar la disponibilidad y sostenibilidad del recurso hídrico, asegurando que el río Fraile pueda satisfacer de manera continua las necesidades de los ecosistemas y de las comunidades que dependen del mismo. Entre las acciones consideradas se incluyen la delimitación, conservación y recuperación de áreas de importancia ambiental, así como la implementación de intervenciones físicas y de manejo que fortalezcan la capacidad de regulación y recarga de las fuentes.

4.2.3 Línea Estratégica 3: Gestión de la demanda

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

4.2.4 Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua

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

Mediante procesos de formación, sensibilización y acompañamiento técnico y administrativo, se busca empoderar a las comunidades en aspectos como la gestión de residuos sólidos, el manejo del alcantarillado y la promoción de una cultura del agua orientada al uso eficiente y a la reducción de la contaminación. Estas acciones permiten consolidar una gestión corresponsable del recurso, fortaleciendo el vínculo entre la ciudadanía y la conservación del río Fraile. En las Tabla 4-4 a Tabla 4-7 se presentan las líneas que integran el componente programático del PORH del río Fraile.

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

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua									
Programa 1	Monitoreo y seguimiento a la calidad del recurso hídrico									
Objetivo General	Evaluar el estado del recurso hídrico en relación a los objetivos de calidad establecidos, identificar problemas y tomar medidas para su conservación y protección									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
Ejecución de la campaña de monitoreo de cantidad y calidad fisicoquímica 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 Fraile aplicando el modelo QUAL2Kw	Número de optimizaciones del modelo de calidad de agua del río	Realizar una optimización del modelo de calidad del agua durante el período de ejecución del PORH								CVC

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua										
Programa 2	Saneamiento de fuentes hídricas										
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Fraile										
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)								Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO		
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20		
Implementación del PSMV de la cabecera de Florida	% de implementación del PSMV del municipio de Florida	100% de PSMV implementado									Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acuavalle, CVC
Actualización e implementación del PSMV de Brisas del Fraile	% de implementación del PSMV de Brisas del Fraile	100% del PSMV implementado									Administración Municipal de Florida, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC
Actualización e implementación del PSMV de El Carmelo y San Joaquín	% de implementación del PSMV de El Carmelo y San Joaquín	100% del PSMV implementado									Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC
Actualización e implementación del PSMV de Villagorgona-Buchitolo	% de implementación del PSMV de Villagorgona - Buchitolo	100% del PSMV implementado									Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC
Formulación e implementación del PSMV de El Arenal, Pueblito Viejo y Villa Silvena	% de implementación del PSMV de El Arenal, Pueblito Viejo y Villa Silvena	100% del PSMV implementado									Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua																						
Programa 2	Gestión de la calidad del agua																						
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Fraile																						
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)																				Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Eliminación de los puntos de vertimiento VCP4 hasta VPC9 y conducción de los vertimientos hasta la PTAR del área urbana de Florida mediante la construcción del colector Suroriental y proyecto Pubenza	No. de puntos de vertimiento eliminados / tratados	100% de puntos de vertimiento eliminados / tratados																				Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acuavalle, CVC	
Construcción y puesta en marcha de la fase I de la PTAR del municipio de Florida	Número de PTAR construidas	FASE I de la PTAR de Florida construida																				Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acuavalle, CVC	
Implementación de una alternativa de tratamiento sostenible para el VPD1 – Asentamiento de desarrollo incompleto	No. de puntos de vertimiento eliminados / tratados	100% de puntos de vertimiento eliminados / tratados																				Administración Municipal de Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acuavalle, CVC	
Operación y mantenimiento de la fase I de la PTAR del municipio de Florida de acuerdo con los protocolos establecidos	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	Cumplimiento de las cargas contaminantes establecidas en las metas planteadas en el PSMV																				Alcaldía de Florida, prestador del servicio de alcantarillado	

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua																						
Programa 2	Gestión de la calidad del agua																						
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Fraile																						
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)																				Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Construcción y puesta en marcha de la PTAR El Carmelo, Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, barrios La Aldea y La Victoria), San Joaquín y desarrollos urbanísticos	Número de PTAR construidas	PTAR construida																				Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC	
Operación y mantenimiento de la PTAR El Carmelo, Villagorgona (Gorgona Viejo, Buchitolo, barrios La Aldea y La Victoria), San Joaquín y desarrollos urbanísticos	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	Cumplimiento de las cargas establecidas en las metas planteadas en el PSMV																				Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado,	
Construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de la PTAR de los desarrollos urbanísticos de Villa Lorena, Mirador del Fraile y FIRMATCO	Número de PTAR operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	Cumplimiento de las cargas establecidas en las metas planteadas en los escenarios del PORH																				Usuarios, prestador del servicio de alcantarillado, CVC	
Construcción y puesta en marcha de la fase II de la PTAR del municipio de Florida	Número de PTAR construidas	PTAR construida																				Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acuavalle, CVC	
Operación y mantenimiento de la	Número de PTAR	Cumplimiento de las cargas																				Administración Municipal De	

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua																						
Programa 2	Gestión de la calidad del agua																						
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Fraile																						
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)																				Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
fase II de la PTAR del municipio de Florida	operando adecuadamente Kg de carga contaminante vertida	establecidas en las metas planteadas en el PSMV del área urbana del municipio de Florida																					Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acruavalle, CVC
Eliminación de los puntos de vertimiento VPC1, VPC2 y VPC3 y 53 VPD que anteriormente descargaban sobre el río Párraga y su conducción a través del colector Noroccidental hasta la PTAR del área urbana de Florida	No. de puntos de vertimiento eliminados / tratados	100% de puntos de vertimiento eliminados / tratados																					Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acruavalle, CVC
Diseño, construcción y puesta en marcha del sistema de tratamiento de aguas residuales (STARD) El Arenal-Pueblo Viejo-Villa Silvena	Número de PTAR construidas	PTAR construida																					Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado, Gobernación del Valle, CVC
Operación y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales (STARD) El Arenal-Pueblo Viejo-Villa Silvena	Número de PTAR operando adecuadamente	Cumplimiento de las cargas establecidas en las metas planteadas en el PSMV																					Administración Municipal de Candelaria, prestador del servicio de alcantarillado,

Línea Estratégica 1	Gestión de la calidad del agua																						
Programa 2	Gestión de la calidad del agua																						
Objetivo General	Reducir la carga contaminante del vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas Cumplir los objetivos de calidad del río Fraile																						
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)																				Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
	Kg de carga contaminante vertida																					Gobernación del Valle, CVC	
Implementación de prácticas de producción más limpia y/o optimización de sistemas de tratamiento de agua residual industrial que permitan cumplir las cargas contaminantes máximas establecidas en los escenarios de calidad del PORH del río Fraile	Kg de carga contaminante vertida	Usuarios con permiso de vertimiento cumplen con las cargas máximas permisibles definidas en los escenarios de calidad del PORH del río Fraile																				Usuarios con permiso de vertimiento al río Fraile	
Diseño, construcción, puesta en marcha y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales del vertimiento de San Antonio de los Caballeros	Número de PTAR construidas y operando	PTAR construida y en operación																				Administración Municipal De Florida, Gobernación del Valle del Cauca, Acua valle, CVC	

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

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

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

Línea Estratégica 3	Gestión de la demanda de agua									
Programa 1	Uso eficiente y ahorro de agua									
Objetivo General	Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico en situaciones de caudal bajo para preservar el caudal ambiental del río Fraile Caracterizar la demanda de agua del río Fraile Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
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 Fraile implementan las acciones definidas en los PUEAA								Usuarios con concesiones de agua en el río Fraile - CVC
Implementación de turnos de aprovechamiento del recurso hídrico del río Fraile que permitan contar el caudal definido para el	No. de turnos de aprovechamiento implementados Caudal medido en estaciones de monitoreo	El río Fraile, en diferentes condiciones hidrológicas, mantiene el caudal que permite cumplimiento de los objetivos de calidad								Usuarios con concesiones de agua en el río Fraile - CVC

Línea Estratégica 3	Gestión de la demanda de agua									
Programa 1	Uso eficiente y ahorro de agua									
Objetivo General	Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico en situaciones de caudal bajo para preservar el caudal ambiental del río Fraile Caracterizar la demanda de agua del río Fraile Garantizar el uso sostenible del recurso hídrico									
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)							Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO	LARGO	
			1	2	3	4	5	6 a 10	11 a 20	
cumplimiento de los objetivos de calidad, según se requiera										
Diagnóstico y diseño de obras de control e instrumentación para la medición de caudal extraído del río Fraile	No. de obras requeridas No. de obras diseñadas	Los usuarios del recurso hídrico del río Fraile 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 Fraile - Asociación de usuarios del agua - CVC
Implementación de obras de control e instrumentación para la medición de caudal extraído del río Fraile	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 Fraile 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 Fraile - Asociación de usuarios del agua - CVC

Tabla 4-7 Línea Estratégica 4: Gobernanza del agua

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

4.3 Ruta de Articulación

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.

Este proceso fue retroalimentado por los actores territoriales consultados en las diferentes fases de desarrollo del PORH del sistema Guachal en la estrategia de participación desarrollada. Estos insumos se relacionan con los análisis realizados por el equipo técnico, las cuales obedecen, de una parte, a los requerimientos de la normatividad y protocolos técnicos y de otra a las características y necesidades del río y su territorio.

4.3.1 Articulación del PORH con los instrumentos de planificación

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

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN Y TÉCNICOS EN ARTICULACIÓN CON PORH DEL RIO FRAILE			
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): Programa Sociedad de Acueductos y Alcantarillados del Valle del Cauca S. A. ESP –ACUAVALLE, Municipio de Florida (Resolución 0100 No. 0720- 0176 03/2019) PSMV: Municipio Candelaria Cabecera (02/2023), Municipio Florida Cabecera (03/2023) Vereda Brisas del Fraile (0720-0430 2015) Corregimientos El Carmelo y San Joaquín (0780-0286 2018) Corregimientos Villagorgona-Buchitolo (2020) Corregimiento La Regina (05/2015) Reglamentación del río Fraile con resolución 0100 No. 0600-0671 de 2012	Planes de Manejo del sistema de PNN Las Hermosas Plan de Ordenamiento Territorial Departamental del Valle del Cauca Plan de Ordenamiento Territorial/ PBOT del municipio de Candelaria (Acuerdo 02/2015 que modifica el Acuerdo 015 2005-2015) Plan de Ordenamiento Territorial- PBOT municipio de Florida (2001) Plan y Estrategia Municipal Gestión de Riesgo de Desastres PMGRD EMGRD municipio de Florida	Evaluación Nacional del Agua ENA (2008,2010, 2014,2018) Evaluaciones Regionales del Agua ERA (CVC 2018) Zonificación de amenazas y riesgos Pradera y Florida Priorización de Fuentes Superficiales para el Ordenamiento del Recurso Hídrico en el Valle del Cauca (2012)

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

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 Fraile hace parte (Tabla 4-8).

Tabla 4-8 Líneas estratégicas y acciones propuestas para el PEM de la Macrocuena Magdalena-Cauca, que se enmarcan en la propuesta programática del PORH del río Fraile

OBJETIVO ESTRATEGICO	LINEA ESTRATEGICA	LINEA DE ACTUACION	CRITERIO DE ACTUACION
Mejorar las condiciones de la calidad del agua de la cuenca del río cauca y de los aspectos concernientes a la regulación de la cantidad del agua para obtener condiciones óptimas en su distribución en el territorio y a los usuarios como insumo para los diferentes usos	Planificación del uso y manejo del recurso	Ordenación y manejo integral de las cuencas hidrográficas	Formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas
		Diseño e implementación de sistemas de monitoreo e información ambiental.	Consolidación y ampliación de la red de monitoreo de la calidad del agua y promover la integración de ésta con otras redes públicas y particulares existentes.
		Regulación de la oferta del recurso hídrico para satisfacer la demanda actual y futura, en el desarrollo sectorial y territorial en las zonas de alta ocupación y en zonas en proceso de ocupación.	Implementación de sistemas de revegetalización y reforestación con fines de regulación hídrica. Orientación de un uso eficiente del agua a través de la formación de una conciencia de uso racional.
	Reducción de la contaminación	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)

Por medio de la RESOLUCIÓN 0100 No. 0720- 0170 DE 2019, la CVC aprueba el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua- PUEAA, presentado por la sociedad de acueductos y alcantarillados del valle del cauca -ACUAVALLE-, para el municipio de Florida, la cual capta agua de la Derivación 3, acequia Grande, mediante bocatoma de fondo. El PUEAA plantea tres estrategias, de las cuales dos se articulan con las propuestas el PORH del río Fraile y que se describen en la *Tabla 4-9*.

Tabla 4-9. Estrategias del PUEAA presentado por ACUAVALLE que se articulan con el componente programático del PORH del Fraile

Estrategias	Descripción	Objetivos
Reducción de pérdidas de agua: desde la bocatomá hasta el usuario	Procedimiento interno para establecer el plan de medidores, que responde a una evaluación de criterios, posteriormente y acorde con el presupuesto disponible se define el plan de reposición	• Implementar sistemas de macro medición a la entrada y salida de la planta. • Detectar fugas en los sistemas de captación, aducción y planta. • Controlar y reparar el sistema para evitar las fugas.
	Concertación con usuarios para optimización del uso del agua	• Contribuir al fortalecimiento de la asociación de usuarios del río Bolo • Presentar el diagnóstico de la cuenca hidrográfica y balance hídrico. • Lograr acuerdos • Elaborar un Plan de trabajo conjunto
Cultura de uso eficiente del agua	Formulación, concertación e implementación de un Plan de educación ambiental con la comunidad para que actúen en consecuencia	• Contribuir al fortalecimiento del CIDEA y concertar un plan interinstitucional de educación ambiental que termine en ejecución de acciones concretar que apunten a resolver la problemática asociada al agua. • Determinar la problemática central del uso del agua en el municipio • Implementar un plan de medios interinstitucional de divulgación de las actividades a realizar. • Identificar y cuantificar los cambios en los comportamientos de los usuarios en relación al uso racional del agua

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

Los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), enmarcado en la Resolución 1433 de 2004 del MAVDT, son instrumentos de planificación que propende por el avance en la descontaminación de fuentes de agua, que buscan resolver los problemas de saneamiento, tratando los vertimientos de aguas residuales domésticas antes de entregar a la fuente. El área del sistema Guachal cuenta con diez (10) PSMV formulados, de los cuales tres tiene impacto directo sobre el cauce río Fraile (Tabla 4-10).

Tabla 4-10. Avance de los PSMV en la zona con impactos sobre la calidad de las aguas del río Fraile

PSMV El Carmelo- San Joaquín	
✓	Vigencia largo plazo 2018-2024
✓	Cumplimiento del 68.75%
✓	Nueva PTAR en El Carmelo se proyecta para tratar además los vertimientos de Villagorgona y Buchitolo
PSMV Villagorgona-Buchitolo (Municipio de Candelaria)	
✓	Vigencia del mediano plazo 2020-2022
PSMV Brisas del Fraile (Municipio de Florida)	
✓	Vigencia de largo plazo 2020-2024
PSMV del área urbana de Florida	
✓	Fue aprobado por la CVC en el año 2024. Se encuentran en el horizonte de implementación de corto plazo

La proyección de las cargas contaminantes para el cumplimiento de los objetivos de calidad depende directamente de la construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de Florida y el Carmelo.

El PSMV de la cabecera del municipio de Florida, presentado por Acuavalle S.A ESP a la CVC, como prestador del servicio de alcantarillado refiere que el sistema para la captación de vertimientos y su conducción hasta la Planta de Tratamiento de Agua Residual – PTAR-reconoce tres áreas de drenaje (norte, sur y centro) del municipio de Florida, siendo esta ultima la única área que funcionará a gravedad hasta el sistema de tratamiento.

El área sur drena hacia el río Fraile y el área norte hacia el zanjón Carisucio, tributario del río Párraga. Cada una de las áreas de drenaje aporta aproximadamente el 33% del total del agua residual de la cabecera, y requiere sistemas de bombeo para la recolección y transporte hasta la PTAR. En el horizonte de ejecución del PORH del río Fraile cobra una importancia fundamental el avance en la eliminación de vertimientos y su tratamiento acorde con las metas definidas en el PSMV del área urbana de Florida. La Fase I de la PTAR, al igual que el colector centro, que atenderá el 30% del agua residual se encuentra en construcción. La Fase II considera un horizonte de 25 años. Por tanto, se debe garantizar la operación y mantenimiento de esta infraestructura que permita el cumplimiento de las metas de carga contaminante según lo definido en el PSMV.

Con respecto a la PTAR El Carmelo, esta será receptora del agua residual domestica que genere un total de 40.000 viviendas con una proyección a 165.980 usuarios del sistema al año 2047, por proyectos urbanísticos que se están desarrollando en la zona de expansión de la cabecera municipal de Candelaria, los corregimientos de Villagorgona, El Carmelo; incluyendo las zonas consolidadas de estos mismos corregimientos, además de Buchitolo y San Joaquín. La PTAR se construirá en dos fases, la primera fase ya inició, la puesta en marcha está prevista para el año 2025 y concluye en el año 2032, la segunda fase comprende el periodo desde 2032 hasta el año 2047.

La ruta de articulación tomó en cuenta el Acuerdo N°.02 de 2015, que modifica el acuerdo 015/ 2005-2015 del instrumento de planificación territorial, El PBOT del municipio de Candelaria, para entender como el modelo poli nucleado planteado en el modelo de ocupación del territorio, ha generado un crecimiento discontinuo de los principales centros poblados Juanchito, El Carmelo y Villagorgona, donde se están desarrollando lo que están proyectos de vivienda que están demandando servicios públicos domiciliarios y un impacto sobre los ríos Fraile y Párraga generado un crecimiento de la población que al 2050 se proyecta 118.213 habitantes y que la PTAR El Carmelo pretende atender en lo que respecta a la generación de vertimientos.

El PBOT del municipio de Florida Acuerdo 198 de 2001 (POT 2000-2010), se consultó lo relacionado con la proyección del área de expansión urbana para el municipio de Florida corresponde a 59.98 Ha de las cuales 20.99 Ha serán asignadas como áreas para la implementación de equipamiento urbano, zonas verdes para alcanzar un área acumulada de 80.97 Ha. Esta zona de expansión se localiza en el borde oriental del casco urbano del municipio, en la margen izquierda de la vía que conduce del Municipio de Pradera al casco urbano del Municipio de Florida, donde se desarrollaron los proyectos de vivienda Los Samanes, Cañaveral, tejares, Casilda, Villa Nancy, Bosques de Guayacanes, Mi Pueblito y Santa Sofía, los cuales se aproxima a un total de 2800 soluciones de vivienda. Toda la expansión que se dado en el municipio de Florida y la claridad de las áreas de drenaje se recopila en el PSMV y en el diseño de la PTAR.

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

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

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

Tramo	Uso Potencial	Estación de Control	Parámetro	Unidades	Corto Plazo	Mediano Plazo	Largo Plazo
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 7	≤ 5	≤ 5
			NO ₃	mg NO ₃ /L	≤ 10	≤ 10	≤ 10
			SST	mg/L	≤ 150	≤ 120	≤ 100
			Ph Min	U pH	6	6	6
			Ph Min	U pH	9	9	9
			Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana				
			Ausencia de grasas y aceites que formen película visible				
			Ausencia de sustancias que produzcan olor				

Articulación del PORH con el POT

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

- Información relacionada con la oferta hídrica total (cantidad de agua que fluye por el cuerpo de agua y la oferta hídrica disponible (Oferta hídrica total menos el caudal ambiental, lo cual condicionará qué cantidad de agua puede ser concesionada u otorgada para diferentes procesos que se desarrollen en el territorio y en todo caso deberán ser tenidos en cuenta para la definición de perímetros, usos y densidades de ocupación.
- Los usos actuales y potenciales del cuerpo de agua, en concordancia con los objetivos de calidad asociados y la disponibilidad del recurso hídrico, condicionarán la definición de los modelos de ocupación territorial y en tal sentido deberán armonizarse con el régimen de usos definido en el POT para cada actividad.
- Criterios y objetivos de calidad, este aspecto condiciona qué cantidad de cargas contaminantes pueden descargarse a los cuerpos de agua por diferentes vertimientos, a fin de garantizar la preservación de las condiciones de calidad y cantidad requeridas para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y demás usos sobre el cuerpo de agua.
- Prohibiciones y condicionamientos (Clasificación de las aguas, prohibiciones y condicionamientos para permitir vertimientos). La definición de zonas de clase tipo I condiciona las áreas de actividad propuestas en el POT, toda vez que se prohíben vertimientos o el desarrollo de actividades específicas lo cual deberá quedar indicado en las normas urbanísticas del POT.

4.1 Restricciones y condicionantes

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

y fortalecer los procesos institucionales, sociales y comunitarios relacionados con su gestión.

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

En el análisis de calidad de los diferentes tramos del río Fraile, se identifican limitaciones que restringen usos exigentes debido a deficiencias en la calidad y a la presencia de carga orgánica. En este sentido, se prioriza la remoción de estas cargas mediante la actualización, ajuste y ejecución de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) priorizados.

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

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

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

5. Bibliografía

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