



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca



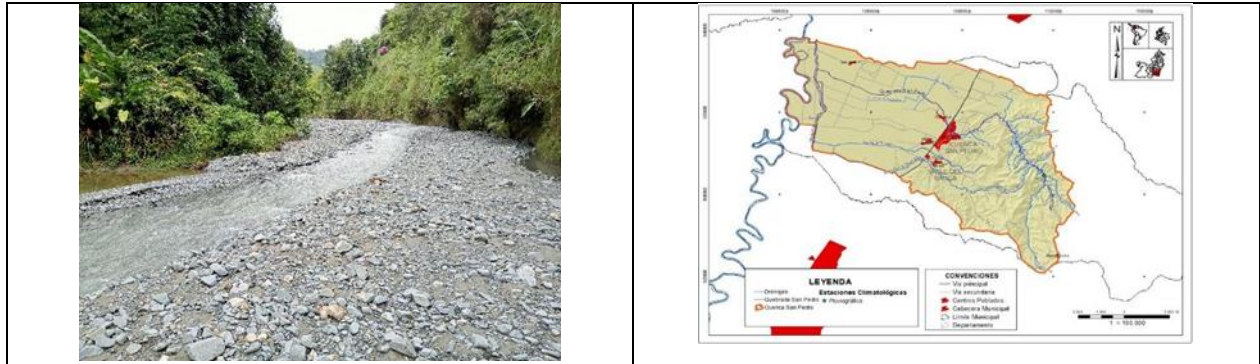
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería de Recursos
Naturales y del Ambiente

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



Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

QUEBRADA SAN PEDRO



Quebrada San Pedro Foto EQUIPO UNIVALLE 05-2022

INFORME SINTESIS PORH DE LA QUEBRADA SAN PEDRO

Diciembre de 2023

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1 FASE I. DECLARATORIA.....	9
2 FASE II. DIAGNÓSTICO.....	9
2.1 Descripción del tramo en ordenamiento.....	9
2.2 Participación en el PORH.....	10
2.2.1 Procedencia de la consulta previa.....	15
2.3 Localización y caracterización de la red hidrometeorológica y de calidad existente	16
2.3.1 Red hidrometeorológica.....	16
2.3.2 Red de monitoreo de calidad.....	16
2.4 Oferta hídrica de la quebrada San Pedro.....	17
2.5 Caudal ambiental.....	18
2.6 Caudal de oferta disponible.....	19
2.7 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial.....	21
2.7.1 Índice de uso de agua (IUA).....	21
2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica (IRH).....	23
2.7.3 Índice de aridez (IA).....	24
2.7.1 Índice de vulnerabilidad hídrica.....	25
2.8 Determinación de la demanda hídrica.....	28
2.8.1 Demanda de uso de agua doméstico (DUD).....	28
2.8.2 Demanda uso agrícola.....	28
2.8.3 Demanda de uso pecuario.....	28
2.8.4 Demanda Uso industrial.....	29
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.....	32
2.9.3 Inventario de sistemas de tratamientos de agua residual.....	32
2.10 Análisis del conflicto actual de uso del recurso hídrico.....	33
2.11 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de la cantidad y la calidad de la quebrada San Pedro.....	35
2.11.1 Caracterización hidráulica.....	37
Caracterización hidráulica segunda campaña:	40
2.11.5 Resultados del monitoreo de vertimientos.....	45
2.11.6 Resultados monitoreo hidrobiológicos.....	47

2.12	Índices de calidad y contaminación	54
2.12.1	Índice de calidad de agua en corrientes superficiales (ICA)	55
2.12.2	Índices de contaminación (ICO's)	58
2.13	Perfiles de calidad del agua de la quebrada San Pedro	59
2.13.1	Perfiles de calidad multianual en la estación "Antes del corregimiento Angosturas – SP1"	60
2.13.2	Perfiles de calidad multianual en la estación "Bocatoma de ACUAVALLE"	63
2.13.3	Perfiles de calidad multianual en la estación "Después del vertimiento PTAR corregimiento Guayabal – SP3"	66
2.13.4	Perfiles de calidad longitudinal en la quebrada San Pedro.....	69
3	Fase III. Identificación de usos potenciales: Prospectiva	72
3.1	Proyección de la demanda total de agua.....	72
3.2	Modelación de la calidad del agua	75
3.3	Definición de tramos de análisis para el establecimiento de objetivos de calidad.....	76
3.4	Calibración y validación del modelo de calidad del agua.....	78
3.5	Formulación y simulación de escenarios.....	81
3.6	Identificación de usos potenciales del recurso hídrico y clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento.....	94
3.7	Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos	95
3.8	Establecimiento de la meta global de carga contaminante y proyección de cargas.....	97
4	Fase IV Formulación del PORH	101
4.1	Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en la quebrada San Pedro	101
4.1.1	Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad	101
4.1.2	Seguimiento a los usuarios (vertimientos) de la quebrada San Pedro	103
4.1.3	Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación	104
5	Fase IV Estructura del Componente Programático.....	105
5.1	Línea estratégica 1: Uso eficiente del agua.....	106
5.2	Línea estratégica 2: mejoramiento de la oferta hídrica	106
5.3	Línea estratégica 3: Saneamiento de fuentes hídricas	106
5.4	Línea estratégica 4: Monitoreo del recurso hídrico	107
5.5	Línea estratégica 5: Fortalecimiento de procesos de participación social y comunitaria	107
6	Articulación del PORH con los instrumentos de planificación.....	120
6.1	Armonización del PORH con el Plan de ordenación de la cuenca hidrográfica de la quebrada San Pedro:.....	120
6.2	Reglamentación de los usos del agua de la quebrada San Pedro.....	121
6.3	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos - PSMV	121
6.4	Articulación del PORH con el Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT.....	121
6.5	Restricciones y condicionantes	122
7	Bibliografía	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Codificación de la fuente en ordenamiento.....	9
Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento	10
Tabla 2-3. Balance de la participación en cada una de las fases del proceso de formulación del PORH de la quebrada San Pedro.....	11
Tabla 2-4. Descripción de los conflictos por uso del agua que afectan la quebrada San Pedro identificados por los actores sociales.....	14
Tabla 2-5. Estaciones climáticas ubicadas en el área que cubre la cuenca de la quebrada San Pedro ...	16
Tabla 2-6. Estaciones de monitoreo de la calidad del agua superficial en la quebrada San Pedro.....	17
Tabla 2-7. Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) en los tramos de la quebrada San Pedro (m ³ /s)	19
Tabla 2-8. Caudal ambiental mensual multianual en los tramos de la quebrada San Pedro (m ³ /s)	20
Tabla 2-9. Oferta Hídrica Disponible (OHD) en los tramos de la quebrada San Pedro (m ³ /s)	20
Tabla 2-11. Categorías para el índice de uso del Agua - IUA.....	21
Tabla 2-12. Valor de Índice del Uso del Agua - IUA para el Sistema San Pedro	22
Tabla 2-13. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH)	23
Tabla 2-14. Valores de IRH por tramos del sistema San Pedro	23
Tabla 2-15. Categorías para el Índice de Aridez (Ia).....	25
Tabla 2-16. Índice de Aridez por sectores del Sistema San Pedro	25
Tabla 2-17. Matriz de asociación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento - IVH.....	26
Tabla 2-18. IVH para los tramos del Sistema San Pedro	27
Tabla 2-19 Demanda de uso doméstico de la quebrada San Pedro	28
Tabla 2-20. Demanda de uso agrícola - DUA en Mm ³	28
Tabla 2-21. Demanda de uso pecuario - DUP en Mm ³	29
Tabla 2-22. Demanda de uso industrial	29
Tabla 2-23. Usuarios de la reglamentación del uso del agua en la quebrada San Pedro.....	30
Tabla 2-24. Captaciones de agua en la quebrada San Pedro para consumo doméstico.	32
Tabla 2-25. Vertimientos a la quebrada San Pedro	32
Tabla 2-26. Conflictos del recurso hídrico en la quebrada San Pedro	33
Tabla 2-27. Estaciones de monitoreo de agua superficial y de vertimientos de la primera campaña en la quebrada San Pedro	35
Tabla 2-28. Estaciones de monitoreo de agua superficial y de vertimientos de la segunda campaña de la quebrada San Pedro	36
Tabla 2-29. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP1	38
Tabla 2-30. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP1	38
Tabla 2-31. Consolidado de caudales – Estación SP1	39
Tabla 2-32. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP2	39
Tabla 2-33. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP2	39
Tabla 2-34. Consolidado de caudales – Estación SP2	39
Tabla 2-35. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP3	39
Tabla 2-36. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP3	40
Tabla 2-37. Consolidado de caudales – Estación SP3	40

Tabla 2-38. Resultados del aforo de caudal de la primera campaña - Quebraba San Pedro	41
Tabla 2-39. Resultados del aforo de caudal de la segunda campaña - Quebraba San Pedro	42
Tabla 2-40. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico para las campañas 1 y 2 de la Quebrada San Pedro.....	43
Tabla 2-41. Resultados del monitoreo del vertimiento VSP1 PTAR Guayabal monitoreado en la campaña 1 y 2	46
Tabla 2-42. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera (I) y segunda (II) campaña de muestreo de la quebrada San Pedro.....	49
Tabla 2-43. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos de la quebrada San Pedro en época seca (C1) y de lluvia (C2).....	49
Tabla 2-44. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col.....	51
Tabla 2-45. Índices de diversidad y BMWP calculados para la quebrada San Pedro.....	51
Tabla 2-46. Registro de especies de ictiofauna por estación y época climática para la quebrada San Pedro	52
Tabla 2-47. Valores del índice de diversidad de la ictiofauna para la temporada seca y lluviosa en la quebrada San Pedro	54
Tabla 2-48. Clasificación del índice de contaminación ICOMO de la quebrada San Pedro.....	59
Tabla 3-1. Esquematación de la quebrada San Pedro.....	75
Tabla 3-2. Definición de los tramos de análisis de la quebrada San Pedro	78
Tabla 3-3. Planteamiento del escenario base para la quebrada San Pedro	82
Tabla 3-4. Planteamiento del escenario de corto plazo (5 años) para la quebrada San Pedro	83
Tabla 3-5. Planteamiento del escenario de mediano plazo (10 años) para la quebrada San Pedro	85
Tabla 3-6. Planteamiento del escenario de largo plazo (15 años) para la quebrada San Pedro	87
Tabla 3-7. Planteamiento del escenario de largo plazo (20 años) para la quebrada San Pedro	89
Tabla 3-8. Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua con respecto a los vertimientos	95
Tabla 3-9. Usos y objetivos de calidad para la quebrada San Pedro	96
Tabla 3-10. Proyección de la carga contaminante vertida por cada usuario	98
Tabla 3-11. Metas de reducción de carga contaminante por cada usuario	99
Tabla 3-12. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada tramo de análisis de la quebrada San Pedro por usuarios	99
Tabla 4-1. Red de monitoreo del programa de seguimiento de la quebrada San Pedro y sus principales tributarios	101
Tabla 4-2. Variables de calidad del programa de seguimiento de la quebrada San Pedro.....	102
Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre la quebrada San Pedro	103
Tabla 5-1. Línea estratégica 1: Gestión de la demanda.....	108
Tabla 5-2 Línea estratégica 1: Gestión de la demanda (Continuación)	110
Tabla 5-3. Línea estratégica 2: Gestión de la oferta hídrica	111
Tabla 5-4. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua	113
Tabla 5-5. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)	114
Tabla 5-6. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)	115
Tabla 5-7. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)	116
Tabla 5-8 Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua	117
Tabla 5-9. Línea estratégica 4: Participación comunitaria y cultura del agua	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de ordenamiento de la quebrada San Pedro	10
---	----

Figura 2. Fases del proceso de participación social en el territorio de la quebrada San Pedro	12
Figura 3. Balance de actores que participaron en las reuniones de acercamiento para la socialización y en los talleres de diagnóstico	12
Figura 4. Desarrollo metodológico de la participación	13
Figura 5. Resultado de la cartografía social trabajada en los talleres de diagnóstico	14
Figura 6. Estaciones de calidad de agua en la quebrada San Pedro	18
Figura 7. Índice de Uso del Agua IUA en el sistema San Pedro.....	22
Figura 8. Índice de Regulación Hídrica IRH en el sistema Sistema San Pedro	24
Figura 9. Índice de Aridez –IA en el sistema San Pedro.....	26
Figura 10. Índice de Vulnerabilidad Hídrica - IVH para el Sistema San Pedro.....	27
Figura 11. Mapa de las estaciones de la primera campaña de monitoreo de la calidad del agua de la quebrada San Pedro	36
Figura 12. Mapa de las estaciones de la segunda campaña de monitoreo de la calidad de agua de la Quebrada San Pedro.....	37
Figura 13. Resultados del aforo del caudal de la campaña 1- Quebrada San Pedro	42
Figura 14. Resultados del aforo del caudal de la campaña 2 - Quebrada San Pedro	43
Figura 15. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa de la quebrada San Pedro	48
Figura 16. Valores de riqueza y abundancia de ictiofauna registrados en la quebrada San Pedro en periodo seco	53
Figura 17. Valores de riqueza y abundancia de ictiofauna registrados en la quebrada San Pedro en periodo lluvias.....	53
Figura 18. ICA IDEAM Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo	55
Figura 19. ICA CETESB Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo	56
Figura 20. ICA DINIUS Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo	57
Figura 21. ICOMO Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo	58
Figura 22. Evolución temporal del pH – Estación SP1	60
Figura 23. Evolución temporal de la turbiedad – Estación SP1	60
Figura 24. Análisis comparativo de los parámetros de (A) conductividad, (B) oxígeno disuelto, (C) DBO ₅ , y (D) DQO - Estación SP1.....	61
Figura 25. Evolución temporal de los SST – Estación SP1	61
Figura 26. Evolución temporal de los ST – Estación SP1.....	61
Figura 27. Evolución temporal dureza total – Estación SP1	62
Figura 28. Evolución temporal alcalinidad – Estación SP1.....	62
Figura 29. Evolución temporal fósforo total – Estación SP1	62
Figura 30. Evolución temporal cloruros – Estación SP1	62
Figura 31. Evolución temporal de los patógenos – Estación SP1	63
Figura 32. Evolución temporal del pH – Estación Bocatoma ACUAVALLE.....	63
Figura 33. Evolución temporal de la turbiedad – Estación Bocatoma ACUAVALLE	63
Figura 34. Análisis comparativo de los parámetros de (A) conductividad, (B) oxígeno disuelto, (C) DBO ₅ , y (D) DQO – Estación Bocatoma ACUAVALLE	64
Figura 35. Análisis comparativo de los parámetros de la dinámica de sólidos suspendidos totales y sólidos totales en la estación bocatoma de ACUAVALLE	64
Figura 36. Evolución temporal dureza total – Estación Bocatoma ACUAVALLE	65
Figura 37. Evolución temporal alcalinidad – Estación Bocatoma ACUAVALLE	65
Figura 38. Evolución temporal fósforo total – Estación Bocatoma ACUAVALLE	65
Figura 39. Evolución temporal cloruros – Estación Bocatoma ACUAVALLE	65
Figura 40. Evolución temporal de los patógenos – Estación Bocatoma ACUAVALLE	66



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Figura 41. Evolución temporal del pH – Estación SP3	66
Figura 42. Evolución temporal de la turbiedad – Estación SP3.....	66
Figura 43. Evolución temporal conductividad – Estación SP3.....	67
Figura 44. Evolución temporal del oxígeno disuelto – Estación SP3.....	67
Figura 45. Evolución temporal de los DBO ₅ – Estación SP3	67
Figura 46. Evolución temporal de los DQO – Estación SP3	67
Figura 47. Evolución temporal de los SST – Estación SP3	68
Figura 48. Evolución temporal de los ST – Estación SP3.....	68
Figura 49. Evolución temporal dureza total – Estación SP3	68
Figura 50. Evolución temporal alcalinidad – Estación SP3.....	68
Figura 51. Evolución temporal fósforo total – Estación SP3	68
Figura 52. Evolución temporal nitrógeno total – Estación SP3.....	68
Figura 53. Evolución temporal cloruros – Estación SP3.....	69
Figura 54. Evolución temporal patógenos – Estación SP3	69
Figura 55. Perfil longitudinal del oxígeno disuelto en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo.....	70
Figura 56. Perfil longitudinal de la DBO ₅ en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo.....	71
Figura 57. Perfil longitudinal de las coliformes fecales en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo.....	72
Figura 58. Proyección de la demanda de agua para uso doméstico (DUD).....	73
Figura 59. Proyección de la demanda de agua para uso pecuaria (DUP)	73
Figura 60. Proyección de la demanda para uso agrícola.....	74
Figura 61. Proyección de la demanda para uso industrial	74
Figura 62. Modelo conceptual de la quebrada San Pedro.....	77
Figura 63. Calibración y confirmación del caudal de la quebrada San Pedro	79
Figura 64. Calibración y confirmación del oxígeno disuelto de la quebrada San Pedro	80
Figura 65. Calibración y confirmación de la DBO ₅ de la quebrada San Pedro.....	80
Figura 66. Calibración y confirmación de los patógenos de la quebrada San Pedro	81
Figura 67. Escenarios para el oxígeno disuelto de la quebrada San Pedro	92
Figura 68. Escenarios para la DBO ₅ de la quebrada San Pedro	93
Figura 69. Escenarios para los SST de la quebrada San Pedro	93
Figura 70. Escenarios para los patógenos de la quebrada San Pedro	94
Figura 71. Ruta de articulación para los instrumentos de planificación	121

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 la subcuenca de la quebrada San Pedro, localizada en la cuenca hidrográfica del río Cauca y en jurisdicción del municipio de San Pedro; de esta manera, el Director General de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, declara en ordenamiento “el cuerpo de agua denominado Quebrada San Pedro” mediante la Resolución 0100 No 0660-0439-2021.

De acuerdo con lo anterior y para dar cumplimiento a la Resolución, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) suscribió con la Universidad del Valle (UNIVALLE) el Convenio Interadministrativo No. 245 de 2021, cuyo objeto es “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”, el cual debe seguir como directriz la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial – POHR, adoptada por la Resolución 751 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

En este contexto, el presente documento es la síntesis del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) de la quebrada San Pedro 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 de la Quebrada San Pedro.

1 FASE I. DECLARATORIA

La Corporación Autónoma Regional del Valle (CVC) en la Resolución 0100 No 0660-0439-2021 “Por la cual se declara en ordenamiento del cuerpo de agua denominado quebrada San Pedro y se adoptan otras determinaciones” dictamina: “ARTÍCULO PRIMERO: Declarar en ordenamiento el cuerpo de agua denominado Quebrada San Pedro...” y “ARTÍCULO SEGUNDO: La distribución político –administrativa que atraviesa el cuerpo de agua en ordenamiento es: Municipio de San Pedro – Corregimientos de Angostura, Los Chancos, Guayabal, Todos Los Santos y San José”.

2 FASE II. DIAGNÓSTICO

Con el fin de caracterizar la situación ambiental actual de la quebrada San Pedro, 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 tramo en ordenamiento

La cuenca de la quebrada San Pedro se ubica en el flanco occidental de la Cordillera Central, margen derecha del río Cauca, tiene una extensión de 11640 hectáreas, una longitud de 21,44 km y su cauce principal asoma sobre los 1700 m con el nombre de Quebrada Artieta, posteriormente tributa a la quebrada El Bosque en los 1500 msnm¹, hasta encontrarse con la quebrada La China en el sector de Angosturas y adopta el nombre de Quebrada San Pedro y finaliza en el Zanjón Burrigá; también, el sistema San Pedro expone una red de cauces codificada que alcanza las 24 fuentes y cuenta, además con la Ciénaga El Conchal (Ticuante o La Samaria) y la Madre vieja El Cedral (Sandrana)². La subcuenca quebrada San Pedro codificada como 263319, pertenece al área hidrográfica Magdalena-Cauca, zona hidrográfica Cauca, Subzona hidrográfica Guadalajara-San Pedro, cuenca hidrográfica San Pedro (Tabla 2-1)

Tabla 2-1. Codificación de la fuente en ordenamiento

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Código	Cuenca	Código	Nombre subcuenca	Código
Magdalena - Cauca	Cauca	Guadalajara-San Pedro	2633	San Pedro	2633139	Quebrada San Pedro	2633139

¹ Geo visor CVC

² CVC. Humedales del Valle geográfico del Río Cauca: Génesis, biodiversidad y conservación. Cali, 2009

Es objeto de ordenamiento el cauce principal de la Quebrada San Pedro, desde su nacimiento Km 0 hasta su desembocadura en el Zanjón Burrigá en el Km 21,4; cuya georreferenciación se observa en la Tabla 2-2. En la Figura 1 se observa el cuerpo de agua en ordenamiento.

Tabla 2-2. Descripción del tramo en ordenamiento

Descripción	Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾			
		Inicio tramo		Fin tramo	
		X	Y	X	Y
Desde El Nacimiento hasta la Desembocadura en el Zanjón Burrigá	21,44	1099927,98	928938,836	1087109,82	937603,176

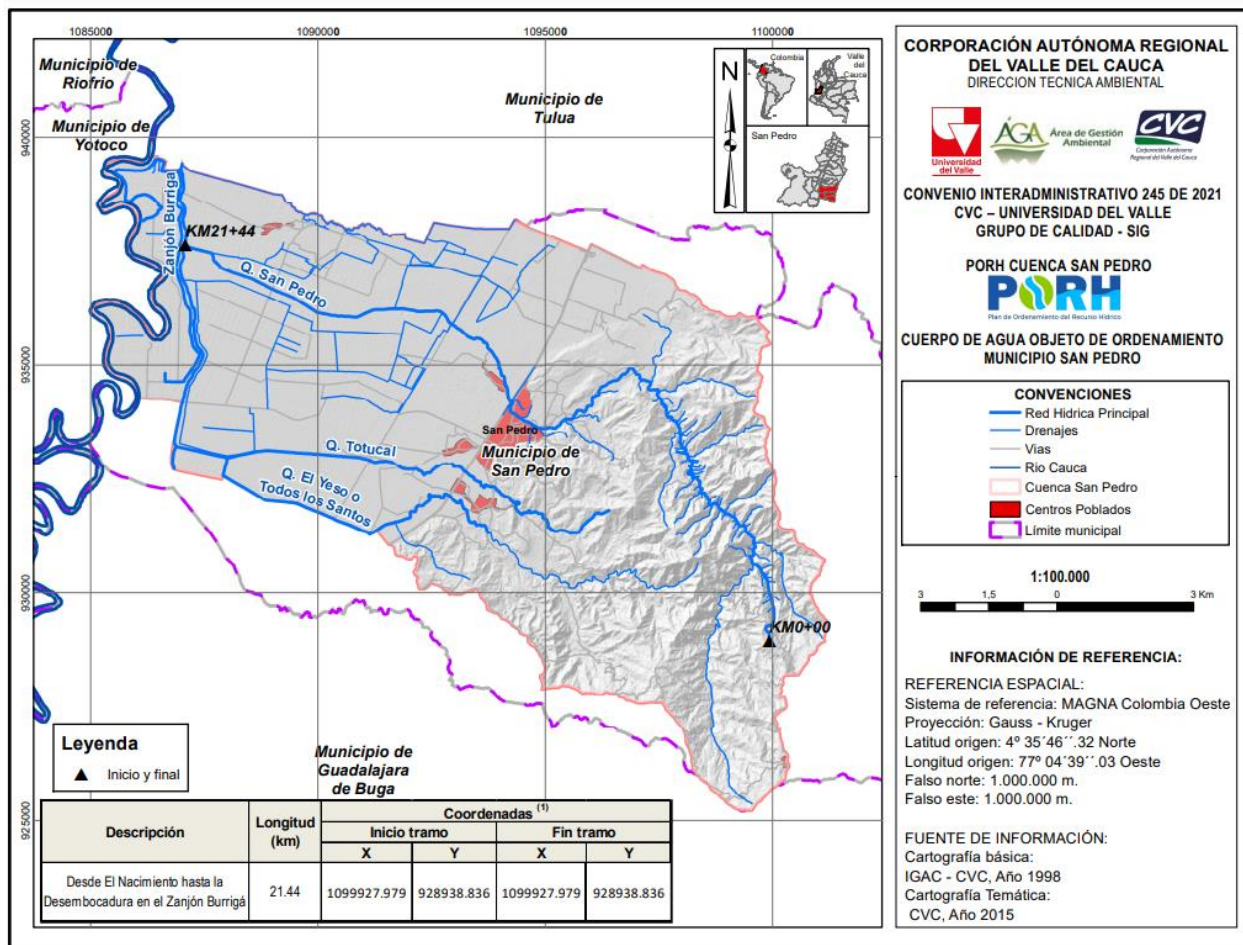


Figura 1. Área de ordenamiento de la quebrada San Pedro

2.2 Participación en el PORH

El proceso de participación se desarrolló por fases e inició con una identificación preliminar de actores y el reconocimiento de escenarios de participación para la socialización del proceso de

formulación del PORH, siempre enmarcados en los principios de equidad, inclusión, educación y prevención (Figura 2).

La legitimidad de la planeación participativa se basó en los principios de justicia y equidad, garantizados a través de escenarios y procedimientos deliberativos transparentes, con convocatorias públicas, espacios de fácil acceso, metodologías horizontales. Estos escenarios de participación buscaron responder a las características sociales, económicas y culturales de los actores convocados, por lo tanto, durante la puesta en marcha del proceso su evaluación y ajuste fueron tareas permanentes orientadas a asegurar la calidad de la información y la legitimidad de los resultados.

La fase de socialización se desarrolló en cuatro espacios, dos reuniones virtuales y dos presenciales con actores institucionales, comunitarios, y con usuarios. La fase diagnóstica se desarrolló en cinco espacios de participación presencial con usuarios, actores comunitarios e institucionales. La fase prospectiva se desarrolló en dos espacios, uno presencial y otro mixto. En la fase final de formulación se realizó un taller presencial. El balance de la participación de los talleres durante todo el proceso fue un acumulado de 121 participaciones; de los cuales 44 fueron mujeres (Tabla 2-3, Figura 3).

Tabla 2-3. Balance de la participación en cada una de las fases del proceso de formulación del PORH de la quebrada San Pedro

Fases de Proceso	Cantidad	No. Participantes
Socializaciones	4	35
Talleres Diagnóstico	5	47
Talleres Prospectiva	2	27
Talleres Formulación	1	12
Total	12	121

EL PROCESO DE PARTICIPACIÓN

Sigue las directrices del Ministerio del Medio Ambiente del 2018 y de la CVC sobre educación ambiental del 2020:

- **EQUIDAD**
- **INCLUSIÓN**
- **EDUCACIÓN**
- **PREVENCIÓN**



Figura 2. Fases del proceso de participación social en el territorio de la quebrada San Pedro

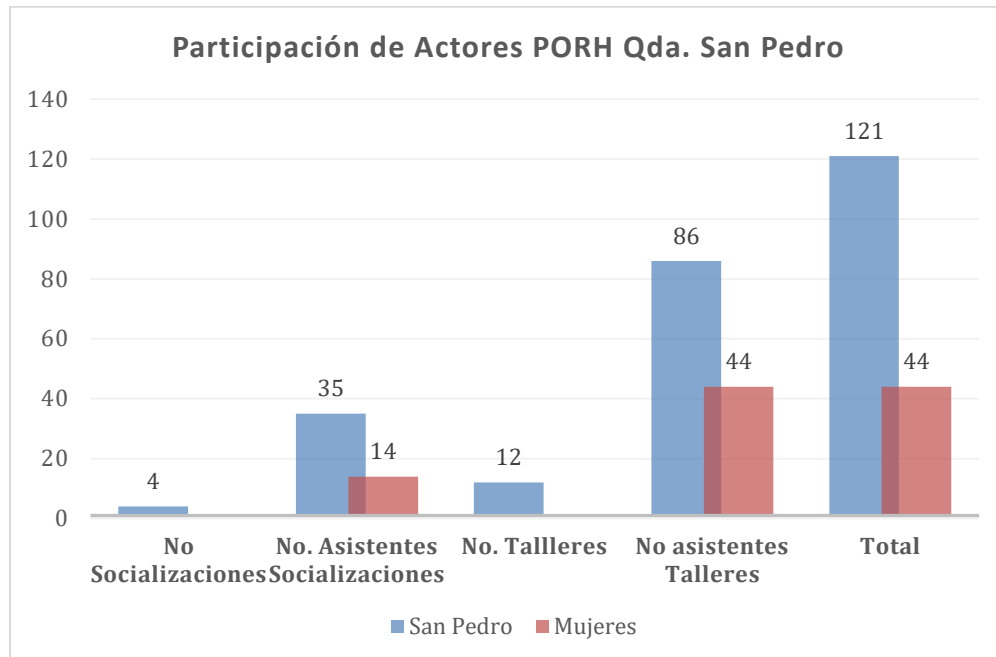


Figura 3. Balance de actores que participaron en las reuniones de acercamiento para la socialización y en los talleres de diagnóstico

- **Fase Diagnóstico**

El proceso participativo durante la fase diagnóstica siguió metodológicamente los pasos de la Figura 4. Teniendo en cuenta lo anterior, las problemáticas identificadas en los talleres de cartografía social fueron asociadas al uso del suelo y del río. En la zona Alta desde la vereda Buenos Aires hasta Angosturas, donde la quebrada se le conoce como Artieta, el uso de suelo predominante son pasturas para ganadería. Este sector fue deforestado desde antes de los años 60's, lo que afecta la óptima regulación del caudal. También identificaron el vertimiento del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales STAR de la Vereda Buenos Aires, la cual no está en óptimo funcionamiento. En el cauce en el sector de Angosturas reportaron la actividad de aprovechamiento de material de arrastre, y aguas abajo en la estación hidroclimática de la CVC, sitios de uso recreativo como balneario.

El tramo entre Angosturas y las 3 bocatomas de agua, los actores reportaron problemas de vertimientos por actividades porcícolas, avícolas y ganaderas. En el sector de angosturas hasta Los Chancos predomina el latifundio, muchos de estos predios administrados por la SAE, como es el caso de La Piedad. En la zona media – baja se encuentra la cabecera municipal de San Pedro hasta la doble Calzada, en donde reportan que las aguas residuales de tipo doméstico de la cabecera municipal se entregan a la quebrada Totucal, a donde también se vierten las aguas

residuales de los centros poblados Montegrande y La Puente y asentamientos no consolidados de Monterredondo.

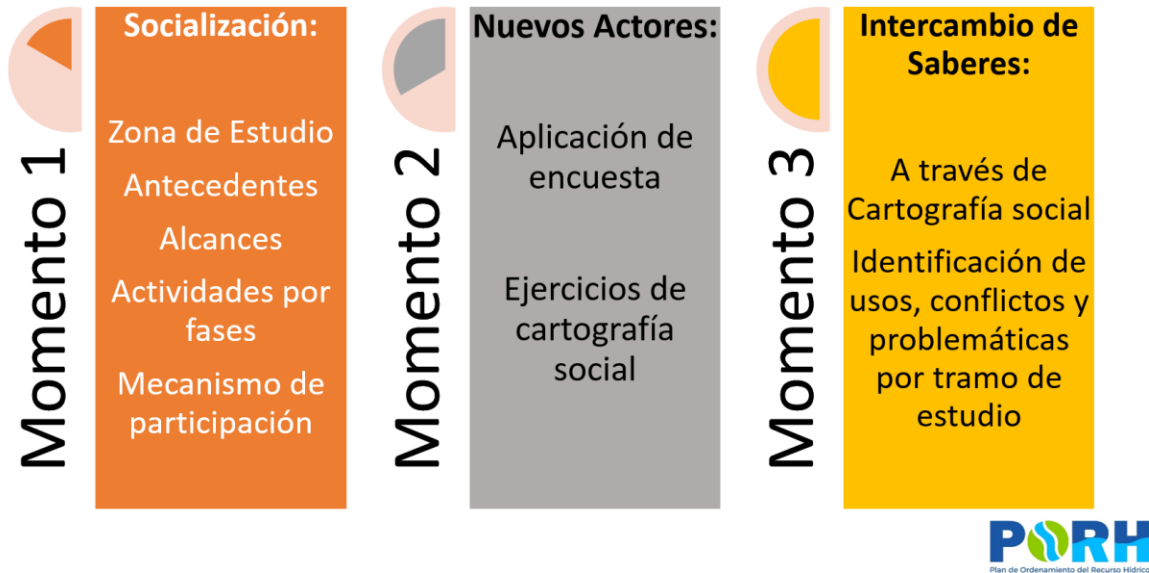


Figura 4. Desarrollo metodológico de la participación

La quebrada a la altura de la cabecera municipal toma su nombre y se reconoce como Quebrada San Pedro. También se identificaron presiones sobre el recurso hídrico relacionados con la demanda de agua por la subdivisión predial en el predio La Camila, donde se reubicaron familias desplazadas, la presión sobre el recurso es por cantidad y calidad, pues muy poca propiedad tiene SITARES, y también hay porcícolas en el sector.

Después de la doble calzada el siguiente centro poblado se conoce como Guayabal, el cual cuenta con una STAR que no está en funcionamiento, y por lo tanto se determina como un vertimiento de aguas residuales doméstica de toda la población. Los actores sociales también reportan actividades de una porcícola que maneja 40 cerdos en la vereda Guayabal y que hace vertimientos a la quebrada San Pedro al igual que la presencia de cadáveres de, viseras, plumas que una industria avícola aguas arriba de la STAR de Guayabal está disponiendo de manera ilegal a la quebrada.

La zona baja se caracteriza por una matriz de uso principalmente en cultivo de caña. La quebrada no presenta cobertura forestal en esta zona hasta entregar las aguas al Zanjón Burrigá. La quebrada también recibe las aguas de la acequia La Fortuna a nivel del Centro Poblado San José. Las actividades industriales como el trapiche La Alsalcia ubicado en Montegrande, las aguas residuales previamente tratadas se entregan a zanjones que se mezclan con las aguas de riego.

Los actores reportan nuevas urbanizaciones como Villa Esperanza en el corregimiento de Todos Los Santos y La Milagrosa en Montegrande. Se identifica también el lote donde se va a desarrollar

la PTAR para San Pedro y que se encuentra en proceso de proyección. La información recopilada en la cartografía social se recoge en la Tabla 2-4, y se visualiza en la Figura 5.

Tabla 2-4. Descripción de los conflictos por uso del agua que afectan la quebrada San Pedro identificados por los actores sociales

Ubicación	Descripción	Actores involucrados
Buenos Aires	Vertimiento colectivo SITAR Buenos Aires	Municipio, CVC
Angosturas	La actividad ganadera predomina en la zona alta y afecta la oferta hídrica porque no hay cobertura en bosque. Hay contaminación por estiércol en fuente hídrica principalmente en la hacienda La Piedad	SAE
	Criadero de cerdos con vertimiento a la quebrada Artieta (7 cerdos)	CVC
Vía Panamericana	Vertimiento colectivo del alcantarillado de: San Pedro, Todos los Santos	ACUAVALLE
Los Chancos	Densificación predio La Camila, sin servicios públicos	CVC, municipio
Guayabal	Vertimiento individual criadero de cerdos a la Quebrada San Pedro	CVC
	Vertimiento colectivo PTAR del corregimiento Guayabal	Municipio, CVC
	Industria avícola arrojan animales muertos, plumas y sangre a la quebrada	CVC
Qda. Totucal	Vertimiento doméstico centro poblado Montegrande después de la doble calzada	Municipio, CVC
	Vertimiento doméstico colectivo La Puente	Municipio, CVC
Montegrande	Incremento de la necesidad de agua de uso doméstico y la calidad del agua	La Milagrosa
	Incremento de la necesidad de agua	Santa Rita
Corregimiento San José	Uso de aguas subterráneas Ingenio San Carlos	Ingenio San Carlos
Los Chancos	Sin capacidad de aceptar nuevos usuarios del agua, por escasez de agua en la Quebrada San Pedro, el último usuario se registró en el mes de febrero del año 2017	Acueducto Los Chancos

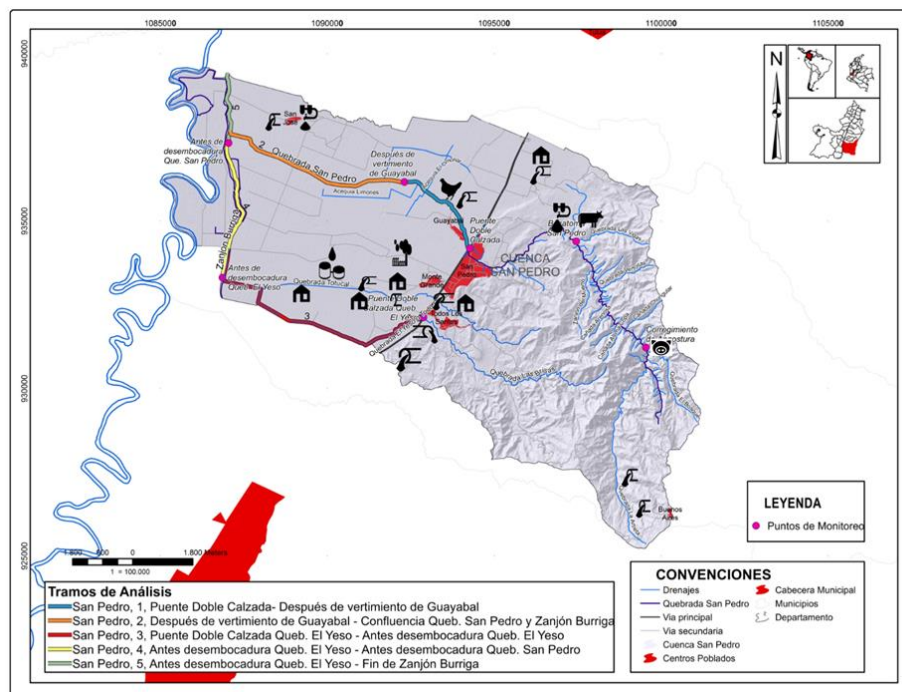


Figura 5. Resultado de la cartografía social trabajada en los talleres de diagnóstico

En conclusión, la mayor preocupación que manifestaron los actores comunitarios y los funcionarios de la CVC -DAR CENTRO SUR, fue la disponibilidad del recurso hídrico en el futuro. Ven con preocupación el incremento de la población con la llegada de familias favorecidas por la Unidad de Restitución de Tierras URT – Fondo de la Unidad Administrativa Especial de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas –UAEGRTD-; como es el caso de lo sucedido con las familias del predio Camila.

La fase de diagnóstico se cerró con la realización de dos encuentros para la socialización de los resultados, el primer encuentro de carácter institucional y el segundo encuentro con actores comunitarios; donde se presentó la oportunidad de capacitar e informar sobre los resultados de las campañas de calidad del agua y de la evaluación de las comunidades hidrobiológicas como son: Algas, macroinvertebrados y peces. Las instituciones y actores comunitarios conocieron la condición de la calidad de la quebrada en las diferentes estaciones de monitoreo establecidas que les proporcionó la línea base para facilitar la toma de decisiones en las siguientes fases de prospectiva y formulación.

- ***Fase de Prospectiva***

Esta fase se desarrolló en dos encuentros con actores institucionales, usuarios y actores comunitarios, donde colectivamente se identificaron las formas de uso históricas, actuales y potenciales del recurso hídrico, para encontrar soluciones vinculantes y compartidas en función de la demanda y la calidad del agua que contribuyan a la configuración de escenarios de uso sostenible del recurso hídrico. En el primer encuentro se construyó una línea de tiempo sobre los usos históricos y actuales y los que se espera que sea la quebrada San Pedro en el futuro. En el segundo encuentro se socializó la información recopilada sobre las demandas futuras del recurso y los resultados de la modelación de calidad, el escenario base y el escenario deseado

- ***Fase de Formulación del PORH***

Esta fase se desarrolló en dos momentos. El primer momento consistió en socializar los resultados del PORH de la Quebrada San Pedro por medio del diseño didáctico de una línea de tiempo que presentó las diferentes fases del proceso, y las estrategias definidas, con el fin de propiciar su comprensión

Un segundo momento donde se presentó los objetivos de calidad definidos y se validó el componente programático propuesto del PORH de la Quebrada San Pedro con la definición de líneas estratégicas, programas y actividades o proyectos, que constituyen los compromisos de los actores institucionales y sociales, a través de la reflexión colectiva.

2.2.1 Procedencia de la consulta previa

Mediante la Resolución No. ST - 1326 del 17 de diciembre de 2020, la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa del Ministerio del Interior, resolvió que no procedía la consulta previa

con Comunidades Indígenas, Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales, Palenqueras ni con Comunidades Room, para el proyecto de formulación del PORH de la quebrada San Pedro.

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 la cuenca de la quebrada San Pedro no se cuenta con estación de medición de caudales. La precipitación es registrada en las estaciones La Primavera y Angosturas, ambas operadas por la CVC, con información desde 1970. En la Tabla 2-5 se presenta la información de las estaciones climáticas ubicadas en el área que cubre la cuenca de la quebrada San Pedro.

Tabla 2-5. Estaciones climáticas ubicadas en el área que cubre la cuenca de la quebrada San Pedro

Estación	Tipo	Operador	Coordenadas (1)		Fecha Inicio
			Este	Norte	
La Primavera	PM	CVC	1097709.99	925211.40	1970
Angosturas	PM	CVC	1099517.59	931141.51	1971

(1) Sistema de referencia Magna Colombia Oeste

2.3.2 Red de monitoreo de calidad

La CVC cuenta actualmente con una red de monitoreo de calidad de agua sobre la quebrada San Pedro. Con los monitoreos que son ejecutados anual o semestralmente es posible realizar un seguimiento a la calidad del agua e identificar el comportamiento de la corriente durante las temporadas secas y lluviosas.

De acuerdo con esto, el sistema San Pedro, específicamente, la quebrada San Pedro, cuenta con tres (3) estaciones de monitoreo sobre la corriente, una de ellas antes del corregimiento de Angosturas, otra en la Bocatoma ACUAVALLE y la última después del vertimiento de la PTAR del corregimiento de Guayabal. Sobre estas estaciones se han realizado monitoreos desde al año 2017, para un total de 6 monitoreos realizados a la fecha.

Teniendo en cuenta estas estaciones, se realizaron dos campañas de monitoreo de la calidad y cantidad, en el marco del desarrollo del PORH para el sistema San Pedro; una en tiempo seco (septiembre de 2022) y otra en tiempo húmedo (abril de 2023). Esto de manera que fuera posible comparar el comportamiento histórico de la corriente con los resultados obtenidos en las

campañas de monitoreo realizadas e implementar el modelo de calidad para la simulación de escenarios de calidad del agua. Adicional a las estaciones de monitoreo existentes, se tuvieron en cuenta dos estaciones sobre la corriente de la quebrada San Pedro, una de ellas cerca al puente doble calzada y la otra cerca de la desembocadura de la quebrada San Pedro sobre el zanjón Burrigá.

En la Tabla 2-6 se presenta la información general, ubicación, ID asignado en el marco del PORH, número total de campañas de campo, entre otras cosas, de las estaciones de monitoreo pertenecientes a la red de monitoreo de la CVC para el sistema San Pedro, así como las estaciones adicionales tenidas en cuenta en el marco del PORH. En la **Figura 6** se presentan las estaciones de la calidad del agua en la quebrada San Pedro.

Tabla 2-6. Estaciones de monitoreo de la calidad del agua superficial en la quebrada San Pedro

ID PORH	Nombre	Latitud (N)	Longitud (W)	Distancia aguas abajo desde nacimiento (km)	Años de información	Número total de campañas	Número campañas tiempo seco	Número campañas tiempo húmedo	Campaña 1	Campaña 2
SP1	Antes corregimiento Angosturas	3°58'6.4"	7°10'52"	2.0	2017 a 2022	6	3	3	Sí	Sí
-	Bocatoma ACUAVALLE	4°0'9"	76°11'59.9"	6.7	2017 a 2022	6	3	3	No	No
SP2	Puente doble calzada	4°0'2.3"	7°13'43.1"	12.5	Sin información	-	-	-	Sí	Sí
SP3	Después de la PTAR del corregimiento de Guayabal	4°1'8.8"	7°14'59.6"	16.1	2017 a 2022	6	3	3	Sí	Sí
SP4	Acequia La Fortuna – Confluencia en Q. San Pedro	4°2'49"	7°17'15.4"	20.8	Sin información	-	-	-	No	Sí
SP5	Desembocadura en el Zanjón Burrigá	4°1'53.6"	7°17'35.1"	21.4	Sin información	-	-	-	No	Sí

La quebrada San Pedro no cuenta con redes de monitoreo hidrobiológicas. En el ejercicio de formulación del PORH se adelantaron dos campañas de monitoreo de parámetros hidrobiológicos.

2.4 Oferta hídrica de la quebrada San Pedro

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.

En la Tabla 2-7 se presenta el cálculo de la OHTS por tramos asociada a los puntos de control del Sistema San Pedro estimada con el modelo HEC-HMS (v 4.11) en donde se puede observar que los meses con menor caudal corresponden a agosto y septiembre.

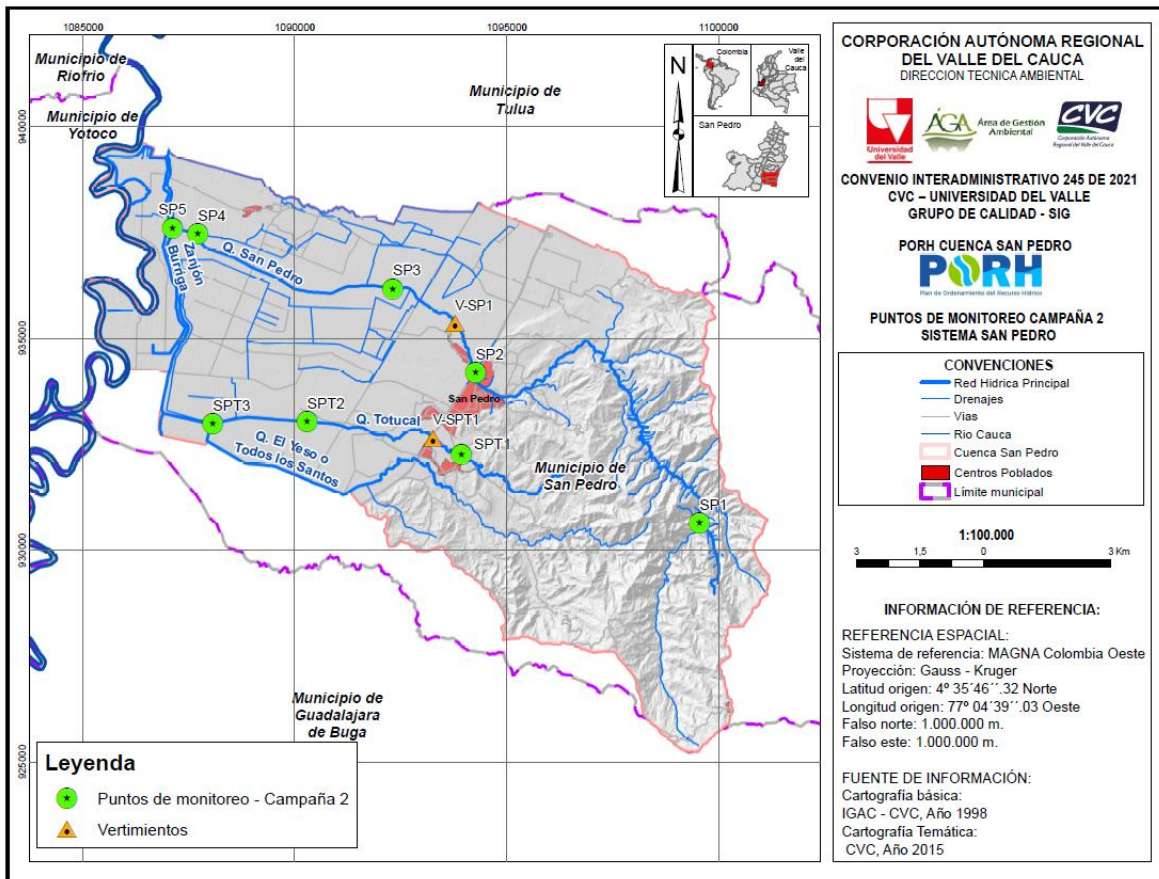


Figura 6. Estaciones de calidad de agua en la quebrada San Pedro

2.5 Caudal ambiental

El Caudal ambiental es el volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad, para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas (Decreto 1076 de 2015). Se realizó el cálculo del caudal ambiental mediante la aplicación del factor de reducción (Re) definido por la CVC para mantener el régimen de estiaje de corrientes hídricas superficiales que corresponde al 15%. Este factor se aplica a la oferta hídrica total superficial para obtener el caudal ambiental. Lo anterior de acuerdo con el esquema de distribución definido en la Resolución No. SGA - 014 de 30 enero de 2002 para la Quebrada San Pedro. En la Tabla 2-8 se presenta el caudal ambiental para año medio, húmedo y seco.

No obstante, de acuerdo con los resultados del ejercicio prospectivo de simulación de los escenarios de calidad del agua de la quebrada San Pedro que sustenta la definición de los objetivos de calidad de esta fuente para los usos actuales y potenciales del recurso, se ajustaron

los valores de los caudales ambientales que se resaltan en color rojo en la Tabla 2-8. Lo anterior considerando las condiciones mínimas de cantidad requeridas para el cumplimiento de los objetivos de calidad definidos en la fuente hídrica que se presenta en la Tabla 3-9.

Tabla 2-7. Oferta Hídrica Total Superficial (OHTS) en los tramos de la quebrada San Pedro (m³/s)

OHST Quebrada San Pedro															
Punto de control	Punto de Control	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Antes del Corregimiento de Angostura	SP1	Medio	0,38	0,32	0,39	0,41	0,40	0,30	0,24	0,18	0,17	0,27	0,47	0,48	0,33
		Húmedo	0,29	0,51	0,78	0,34	0,46	0,3	0,3	0,23	0,23	0,41	0,73	0,72	0,44
		Seco	0,36	0,24	0,41	0,26	0,42	0,3	0,3	0,13	0,11	0,2	0,4	0,49	0,30
Bocatoma San Pedro	-	Medio	0,42	0,34	0,40	0,42	0,40	0,30	0,24	0,18	0,17	0,27	0,47	0,48	0,341
		Húmedo	0,29	0,51	0,78	0,34	0,46	0,30	0,30	0,23	0,23	0,41	0,73	0,72	0,442
		Seco	0,36	0,24	0,41	0,26	0,42	0,30	0,30	0,13	0,11	0,20	0,40	0,49	0,301
Puente Doble Calzada	SP2	Medio	0,46	0,36	0,41	0,43	0,41	0,31	0,24	0,18	0,17	0,27	0,47	0,48	0,348
		Húmedo	0,29	0,51	0,78	0,34	0,46	0,30	0,30	0,23	0,23	0,41	0,73	0,72	0,442
		Seco	0,36	0,24	0,41	0,26	0,42	0,30	0,30	0,14	0,11	0,20	0,40	0,49	0,301
Después de la PTAR del corregimiento de Guayabal	SP3	Medio	0,49	0,37	0,42	0,44	0,41	0,31	0,24	0,18	0,17	0,27	0,47	0,48	0,354
		Húmedo	0,29	0,51	0,78	0,34	0,46	0,30	0,30	0,23	0,23	0,41	0,73	0,72	0,442
		Seco	0,36	0,24	0,41	0,26	0,42	0,30	0,30	0,14	0,11	0,20	0,40	0,49	0,301
Antes de la desembocadura a Q. San Pedro en el Zanjón Burrigá	SP5	Medio	0,55	0,41	0,45	0,46	0,42	0,32	0,25	0,18	0,17	0,27	0,47	0,48	0,369
		Húmedo	0,29	0,51	0,78	0,34	0,46	0,30	0,30	0,23	0,23	0,41	0,73	0,72	0,442
		Seco	0,356	0,241	0,413	0,263	0,416	0,300	0,297	0,135	0,114	0,196	0,396	0,487	0,301

2.6 Caudal de oferta disponible

La Oferta Hídrica Disponible (OHTD) es el volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la Oferta Hídrica Superficial (OHTS) el volumen de agua que garantiza 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, así como las condiciones de calidad para los usos actuales y potenciales del recurso hídrico. La OHD para año medio, húmedo y seco se presenta en la Tabla 2-9.

Tabla 2-8. Caudal ambiental mensual multianual en los tramos de la quebrada San Pedro (m³/s)

Caudal ambiental – Quebrada San Pedro															
Punto de control	Punto de Control	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Corregimiento de Angostura	SP1	Medio	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,08	0,12	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,11	0,07
		Seco	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06	0,07	0,05
Bocatoma San Pedro		Medio	0,06	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,08	0,12	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,11	0,07
		Seco	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,06	0,07	0,05
Puente Doble Calzada	SP2	Medio	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,08	0,12	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,11	0,07
		Seco	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,06	0,07	0,05
Después de vertimiento de Guayabal	SP3	Medio	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,08	0,12	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,11	0,07
		Seco	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,07	0,05
Antes de desembocadura Que. San Pedro	SP5	Medio	0,08	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,07	0,07	0,06
		Húmedo	0,04	0,08	0,12	0,05	0,07	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,11	0,11	0,07
		Seco	0,05	0,04	0,06	0,04	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06	0,07	0,05

Tabla 2-9. Oferta Hídrica Disponible (OHD) en los tramos de la quebrada San Pedro (m³/s)

Oferta hídrica disponible - Quebrada San Pedro															
Punto de control	Punto de Control	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Corregimiento de Angostura	SP1	Medio	0,32	0,27	0,33	0,35	0,34	0,26	0,20	0,15	0,14	0,23	0,40	0,41	0,28
		Húmedo	0,25	0,43	0,66	0,29	0,39	0,26	0,26	0,20	0,20	0,35	0,62	0,61	0,37
		Seco	0,31	0,20	0,35	0,22	0,36	0,26	0,26	0,09	0,08	0,17	0,34	0,42	0,26
Bocatoma San Pedro		Medio	0,36	0,29	0,34	0,36	0,34	0,26	0,20	0,15	0,14	0,23	0,40	0,41	0,29
		Húmedo	0,25	0,43	0,66	0,29	0,39	0,26	0,26	0,20	0,20	0,35	0,62	0,61	0,38
		Seco	0,31	0,20	0,35	0,22	0,36	0,26	0,26	0,10	0,08	0,17	0,34	0,42	0,26
Puente Doble Calzada	SP2	Medio	0,39	0,31	0,35	0,37	0,35	0,26	0,20	0,15	0,14	0,23	0,40	0,41	0,30
		Húmedo	0,25	0,43	0,66	0,29	0,39	0,26	0,26	0,20	0,20	0,35	0,62	0,61	0,38
		Seco	0,31	0,20	0,35	0,22	0,36	0,26	0,26	0,11	0,08	0,17	0,34	0,42	0,26
Después de vertimiento de Guayabal	SP3	Medio	0,42	0,31	0,36	0,37	0,35	0,26	0,20	0,15	0,14	0,23	0,40	0,41	0,30
		Húmedo	0,25	0,43	0,66	0,29	0,39	0,26	0,26	0,20	0,20	0,35	0,62	0,61	0,38
		Seco	0,31	0,20	0,35	0,22	0,36	0,26	0,26	0,11	0,07	0,17	0,34	0,42	0,26
Antes de desembocadura Que. San Pedro	SP5	Medio	0,47	0,35	0,38	0,39	0,36	0,27	0,21	0,15	0,14	0,23	0,40	0,41	0,31
		Húmedo	0,25	0,43	0,66	0,29	0,39	0,26	0,26	0,20	0,20	0,35	0,62	0,61	0,38
		Seco	0,30	0,20	0,35	0,22	0,35	0,26	0,25	0,10	0,08	0,16	0,34	0,41	0,26

2.7 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).

2.7.1 Índice de uso de agua (IUA)

Como señal de la presión sobre el recurso hídrico, el Índice de Uso del Agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (IDEAM, 2010). Es la relación porcentual de la demanda de agua frente a la oferta hídrica disponible.

$$IUA = \left(\frac{Dh}{Oh} \right) \times 100$$

Donde:

Dh: Demanda hídrica sectorial (Mm³/año)

Oh: Oferta hídrica superficial disponible (Mm³/año)
(Oferta hídrica total disponible – Caudal ambiental)

A partir de los valores obtenidos del índice de Uso del Agua, se estableció el siguiente rango y categorías del índice (Tabla 2-10)

Tabla 2-10. Categorías para el índice de uso del Agua - IUA

Rango de Valores IUA	Categoría IUA	Significado
>100	Crítica	La presión de la demanda es crítica con respecto a la oferta hídrica disponible
50,01 – 100	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta hídrica disponible
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta hídrica disponible
10,01 – 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta hídrica disponible
1 – 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta hídrica disponible
< 1	Muy bajo	La presión de la demanda es no es significativa con respecto a la oferta hídrica disponible

Fuente: IDEAM, 2010

De acuerdo con la evaluación hecha, en el Sistema San Pedro en las cuencas quebrada San Pedro y quebrada Totucal la demanda supera las condiciones de la oferta, llevando a la clasificación del IUA calificado como muy alto (Tabla 2-11 y Figura 7).

Tabla 2-11. Valor de Índice del Uso del Agua - IUA para el Sistema San Pedro

Río	Tramo	Índice de Uso de Agua IUA	
		Valor	Clasificación
Qda San Pedro	Antes del Corregimiento de Angosturas	61	Muy alto
	Puente Doble Calzada		
	Después vertimiento de PTAR Guayabal		
	Antes de desembocadura Q. San Pedro		
	Desembocadura en Zanjón Burrigá		
Quebrada Totucal	Puente Doble Calzada Quebrada. El Yeso	61	Muy alto
	Antes de desembocadura Quebrada. El Yeso		
	Zona Cauca Totucal		

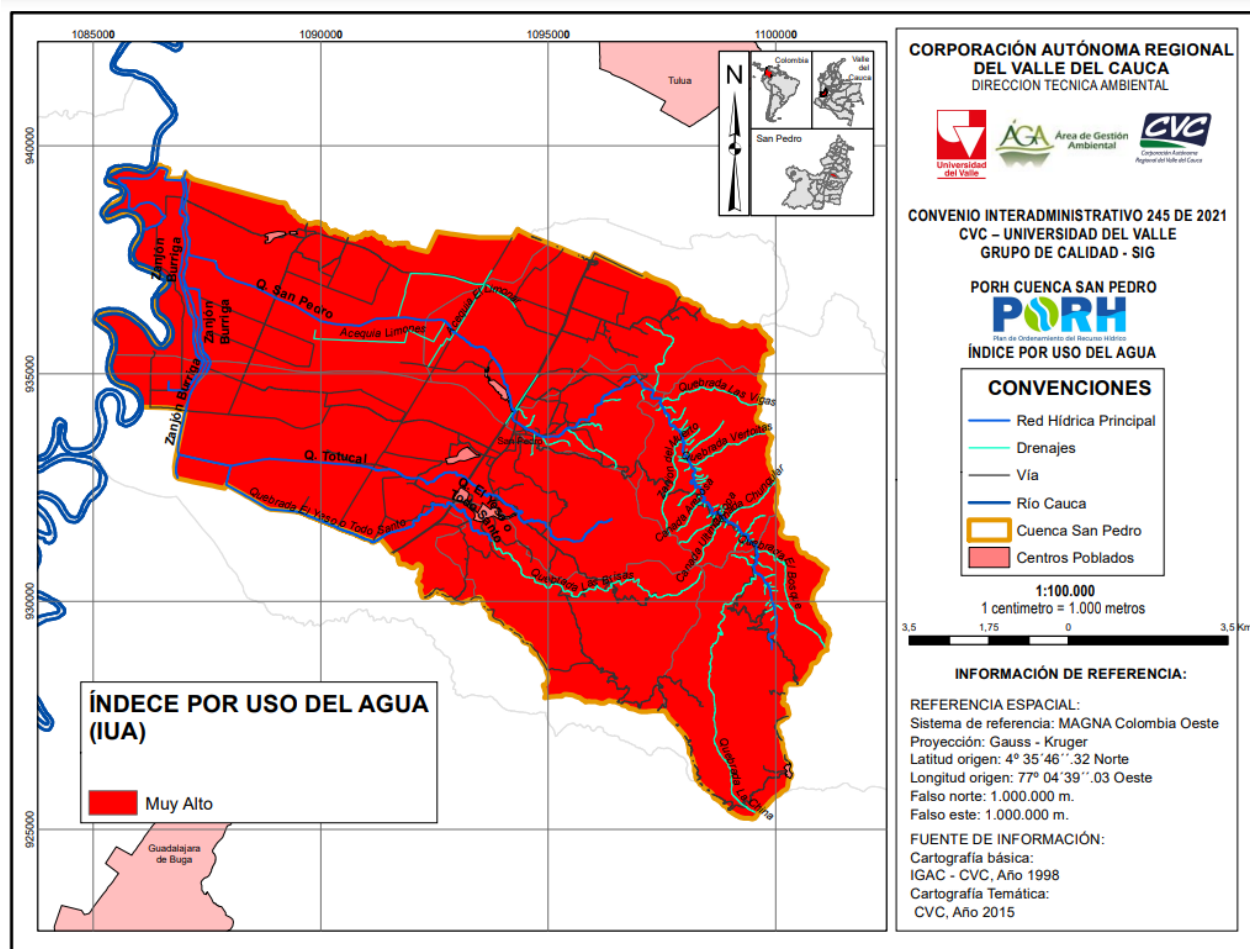


Figura 7. Índice de Uso del Agua IUA en el sistema San Pedro

2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

El Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH mide la capacidad de retención de humedad de las cuencas con base en la distribución de las series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Expone la regulación del régimen de caudales, producto de la interacción del complejo suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas, permitiendo identificar zonas de mayor o menor capacidad de retener y regular el agua. Ese indicador permite evaluar la capacidad de regulación del sistema en su conjunto. El índice se calcula con base en la curva de duración de caudales medios diarios. Es adimensional y su resultado varía entre cero (0) y uno (1), siendo los valores cercanos a cero indicadores de una baja regulación y retención hídrica (Tabla 2-12). Los valores de IRH se presenta en Tabla 2-13 y en el mapa por sistema en la *Figura 8*.

Tabla 2-12. Categorías del índice de retención y regulación hídrica (IRH)

Rango de valores IRH	Categoría	Características
> 0.85	Muy Alto	Capacidad de la cuenca para retener y regular muy alta
0.75 – 0.85	Alto	Capacidad de la cuenca para retener y regular alta
0.65 – 0.75	Medio	Capacidad de la cuenca para retener y regular media
0.50 – 0.65	Bajo	Capacidad de la cuenca para retener y regular baja
< 0.50	Muy Bajo	Capacidad de la cuenca para retener y regular muy baja

Tomado de: IDEAM, 2013

Tabla 2-13. Valores de IRH por tramos del sistema San Pedro

Río	Tramo	Índice de Retención y Regulación Hídrica IRH	
		Valor	Clasificación
Quebrada San Pedro	Corregimiento Angosturas	0.80	Alta
	Bocatoma San Pedro	0.76	Alta
	Puente Doble Calzada	0.72	Moderada
	Después de vertimiento de Guayabal	0.58	Baja
	Antes de desembocadura Q. San Pedro	0.52	Baja
	Zona Cauca - San Pedro	0.50	Baja
Quebrada Totucal	Puente Doble Calzada Quebrada El Yeso	0.69	Moderada
	Antes de desembocadura Quebrada El Yeso	0.59	Baja
	Zona Cauca Totucal	0.47	Muy Baja

Los resultados del IRH indican que sólo en la zona alta de la quebrada San Pedro se tiene un IRH Alto. Entre el sector de Buenos Aires, Angosturas y la doble calzada el IRH está entre moderado y bajo. Este último se extiende hasta la confluencia el Zanjón Burrigá. Para la quebrada Totucal, la mayor parte de su territorio tiene una regulación muy baja.

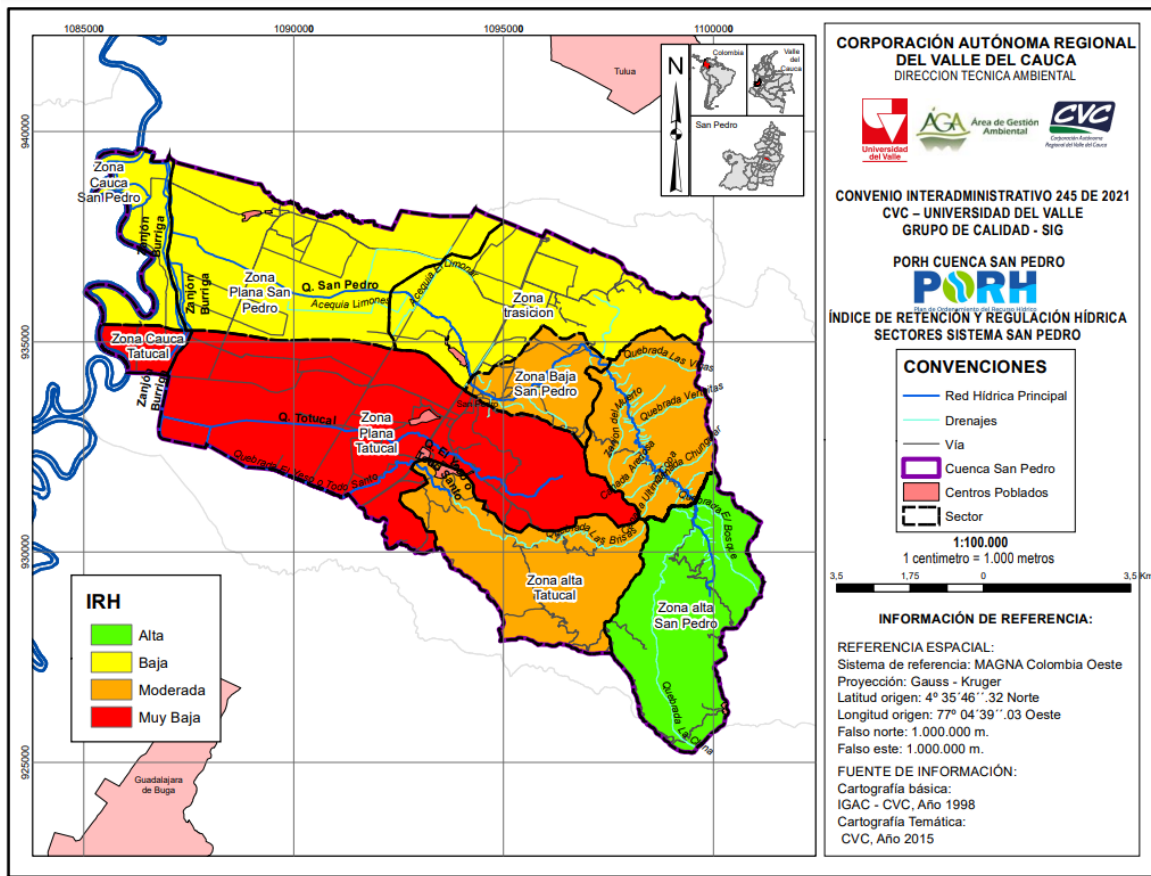


Figura 8. Índice de Regulación Hídrica IRH en el sistema Sistema San Pedro

2.7.3 Índice de aridez (IA)

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

$$I_a = (ETP - ETR)/ETP$$

Donde: I_a : índice de aridez (adimensional), ETP : Evapotranspiración potencial (mm) y ETR : Evapotranspiración real (mm)

A partir de los cálculos del índice para las estaciones representativas de la cuenca, la distribución espacial del índice de aridez se construyó con los rangos que se muestran en la Tabla 2-14.

Tabla 2-14. Categorías para el Índice de Aridez (Ia).

Rango de Valores Índice de aridez	Categoría	Características
< 0.15		Altos excedentes de agua
0.15 – 0.19		Excedentes de agua
0.20 – 0.29		Moderado y excedentes de agua
0.30 – 0.39		Moderado
0.40 – 0.49		Moderado y deficitario de agua
0.50 – 0.59		Deficitario de agua
> 0.60		Altamente deficitario de agua

Fuente: IDEAM, 2013

Los resultados del índice de aridez (Tabla 2-15) expuesto en el mapa de la *Figura 9*, indica que en los sectores altos de las subcuencas del Sistema San Pedro se tiene excedentes de agua, mientras que para el resto se tiene una cantidad moderada de agua para suplir las necesidades de la cobertura vegetal.

Tabla 2-15. Índice de Aridez por sectores del Sistema San Pedro

Río	Tramo	Índice de Aridez IA	
		Valor	Clasificación
Quebrada San Pedro	Corregimiento Angosturas	0.16	Excedentes de agua
	Bocatoma San Pedro	0.18	Excedentes de agua
	Puente Doble Calzada	0.21	Moderado a excedentes de agua
	Después vertimiento de Guayabal	0.27	Moderado a excedentes de agua
	Antes de desembocadura Q. San Pedro	0.28	Moderado a excedentes de agua
	Zona Cauca - San Pedro	0.29	Moderado a excedentes de agua
Quebrada Totucal	Puente Doble Calzada Quebrada. El Yeso	0.18	Excedentes de agua
	Antes de desembocadura Quebrada. El Yeso	0.26	Moderado a excedentes de agua
	Zona Cauca Totucal	0.28	Moderado a excedentes de agua

2.7.1 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, (Tabla 2-16) mostrando la fragilidad de los sistemas hídricos superficiales para mantener la oferta de agua dadas sus condiciones de regulación y de demanda, con la posibilidad de presentar susceptibilidad al desabastecimiento.

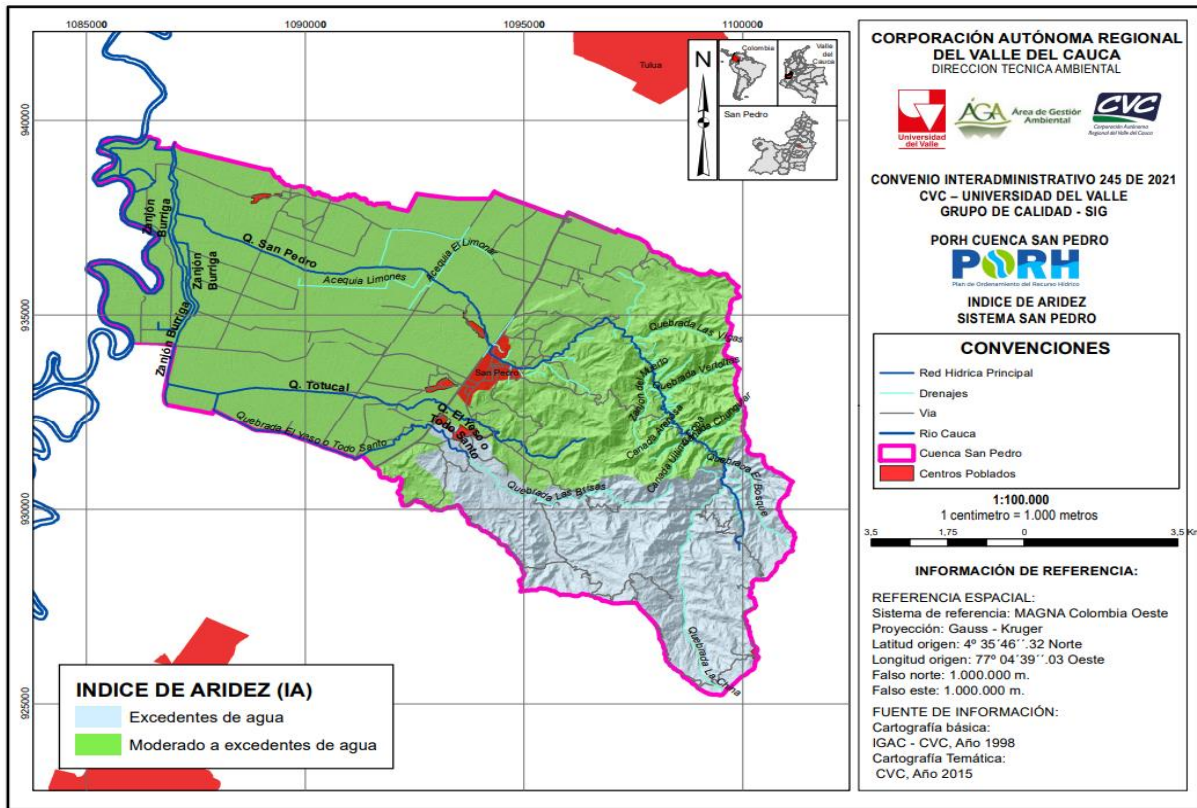


Figura 9. Índice de Aridez –IA en el sistema San Pedro

Tabla 2-16. Matriz de asociación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento - IVH

Índice de Uso del Agua - IUA	Índice de Retención y Regulación Hídrica - IRH			
	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
Bajo	Baja	Baja	Media	Media
Medio	Media	Media	Alta	Alta
Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IDEAM, 2020

Los valores del IVH exponen una vulnerabilidad Alta en el sistema San Pedro y sus sectores al desabastecimiento de agua para las actividades humanas. (

Tabla 2-17 y Figura 10). Los resultados confirman la situación diagnosticada para el sistema desde diferentes estudios y entidades.

Tabla 2-17. IVH para los tramos del Sistema San Pedro

Río	Tramo	Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento IVH
Quebrada San Pedro	Antes del Corregimiento de Angosturas	ALTA
	Puente Doble Calzada	ALTA
	Después vertimiento de PTAR Guayabal	ALTA
	Antes de desembocadura Q. San Pedro	ALTA
	Desembocadura en Zanjón Burrigá	ALTA
Totucal	Puente Doble Calzada Quebrada. El Yeso Antes de vertimientos	ALTA
	Antes de desembocadura Quebrada. El Yeso	ALTA
	Zona Cauca Totucal	ALTA

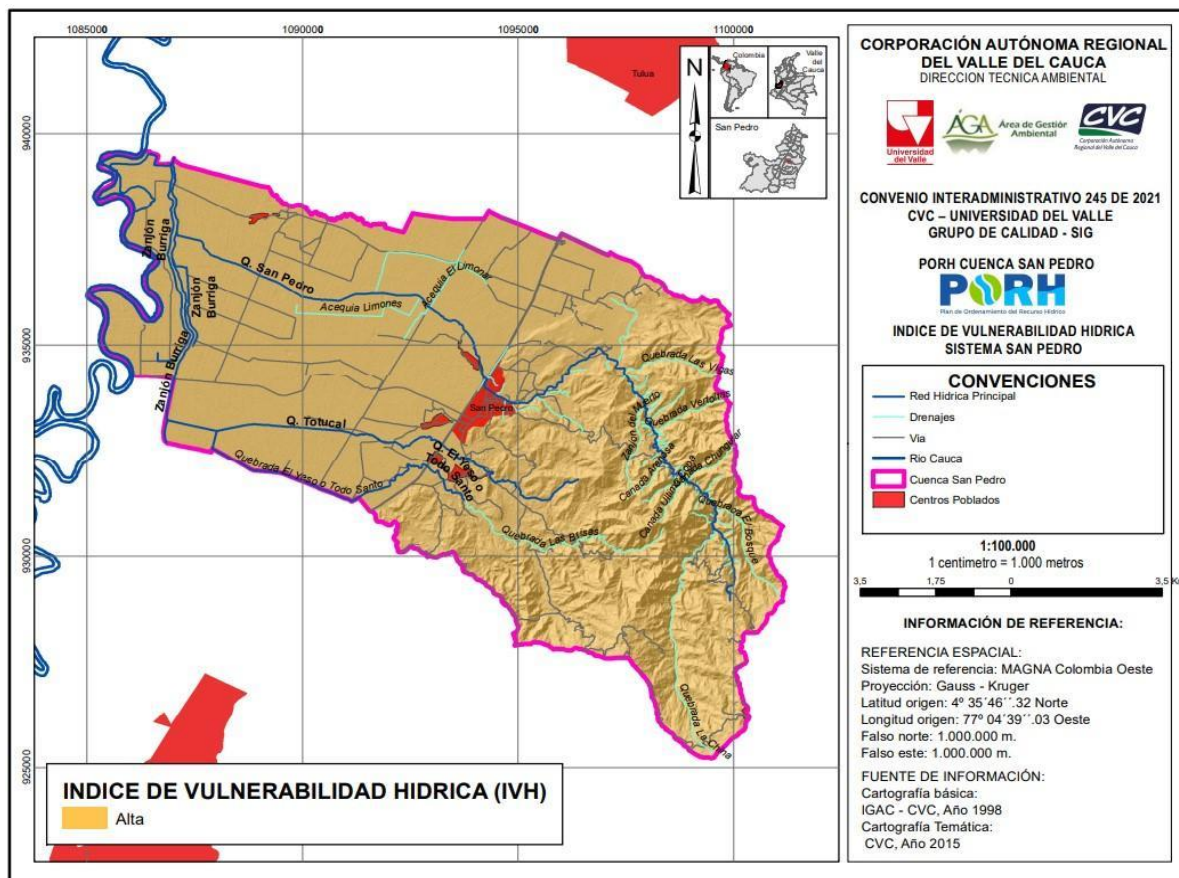


Figura 10. Índice de Vulnerabilidad Hídrica - IVH para el Sistema San Pedro

2.8 Determinación de la demanda hídrica

A continuación, se presenta 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) en la unidad hidrográfica de la quebrada San Pedro.

2.8.1 Demanda de uso de agua doméstico (DUD)

La Quebrada San Pedro abastece al sistema de acueducto los Chancos y al sistema de acueducto de San Pedro –administrado por Acuavalle – (Tabla 2-18).

Tabla 2-18 Demanda de uso doméstico de la quebrada San Pedro

Año	Acuavalle (m ³ /s)	Los Chancos (m ³ /s)	DUD (m ³ /s)	DUD (Mm ³ /año)
2023	0,2941	0,0121	0,3062	9,52

2.8.2 Demanda uso agrícola

Con las áreas de uso agrícola definidas por tramos, las EVT_0 y asumiendo K_c de la caña, se realizó el cálculo de la DUA en Mm³.

Tabla 2-19. Demanda de uso agrícola - DUA en Mm³

Demanda (Mm ³)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Angosturas	2,96	2,63	2,82	2,57	2,53	2,55	2,87	3,03	2,95	2,85	2,74	2,92	33,41
Doble Calzada	2,97	2,64	2,83	2,58	2,54	2,56	2,88	3,04	2,96	2,86	2,75	2,93	33,52
Guayabal	2,97	2,64	2,83	2,58	2,54	2,56	2,88	3,04	2,96	2,86	2,75	2,93	33,56
Desembocadura Burrigá	2,97	2,64	2,83	2,58	2,54	2,56	2,88	3,04	2,96	2,86	2,75	3,11	33,73

2.8.3 Demanda de uso pecuario

Es el resultado de multiplicar el volumen de producción de animales de importancia comercial, por un factor de consumo promedio aproximado. Las fuentes de información consideradas para realizar el ejercicio los censos municipales pecuarios desarrollados por el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA en el año 2022. En la Tabla 2-20 se presenta la demanda para el uso pecuario por especie.

Tabla 2-20. Demanda de uso pecuario - DUP en Mm³

Especie	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	G	Año
Porcinos	5,76	5,2	5,76	5,5 7	5,76	5,5 7	5,76	5,76	5,5 7	5,76	5,5 7	5,76	67,77
Aves	291, 4	263, 2	291, 4	282	291, 4	282	291, 4	291, 4	282	291, 4	282	291, 4	3430,7 7
Bovinos	9,3	8,4	9,3	9	9,3	9	9,3	9,3	9	9,3	9	9,3	109,48
Equinos	0,54	0,49	0,54	0,5 2	0,54	0,5 2	0,54	0,54	0,5 2	0,54	0,5 2	0,54	6,35
Caprino	0,01	0,01	0,01	0,0 1	0,01	0,0 1	0,01	0,01	0,0 1	0,01	0,0 1	0,01	0,07
Ovinos	0,02	0,02	0,02	0,0 2	0,02	0,0 2	0,02	0,02	0,0 2	0,02	0,0 2	0,02	0,2
Búfalos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02

2.8.4 Demanda Uso industrial

En cuanto al uso industrial según el RUA para el sector manufacturero se vierten 4511.2 m³ (Tabla 2-21).

De acuerdo con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos Municipal, las únicas industrias que vierten al alcantarillado municipal en la zona urbana son, la planta de sacrificio de ganado y el efluente de la planta de producción de la Empresa T-Vapan, y el descole del alcantarillado entrega a la quebrada Totucal (ACUAVALLE S.A. E.S.P, 2022) por tanto no hay afectación a la quebrada San Pedro. En zona rural las industrias hacen vertimientos a canales de riego que conforman una red que entregan al Zanjón Burrigá. Es el caso del Trapiche la Alsacia S.A., localizado en la vereda Montenegro y el cual cuenta con permiso de vertimiento (Resolución 0740-000303 12/04 2017).

Tabla 2-21. Demanda de uso industrial

Alcantarillado Municipal/Veredal (m ³)	Quebrada (m ³)	TOTAL (m ³)
2652	1859.2	4511.2

En la quebrada San Pedro no se registraron vertimientos industriales, pero se identificó un usuario industrial, Trapiche Prodecaña San Diego, ubicado en el corregimiento Guayabal, el cual no se encuentra en operación, por lo tanto, deberá renovar el permiso de vertimiento previamente cuando reinicie operaciones.

2.9 Usos y usuarios del agua

A continuación, se presentan los usos y usuarios del agua

2.9.1 Censo de usuarios

La quebrada San Pedro cuenta con 3 derivaciones con un total de 69 usuarios con expediente entre los que se encuentran usuarios para acueducto y para el sector agropecuario con un total de caudal para las tres derivaciones de 200 L/s y un caudal asignado total de 162, 61 L/s (Tabla 2-22).

Tabla 2-22. Usuarios de la reglamentación del uso del agua en la quebrada San Pedro

Orden	Predio / Canal	Propietario o Canal	Concesión (L/s)
D1	Q:35 lps		
1	Acueducto San Pedro	ACUAVALLE	35
	Captación directa		35
	La Piedad	Agropecuaria Río Grande (En liquidación)	6,38
			31,38
D2	Q:115 lps		
1	Villa Claudia	Arias Gutiérrez Octavio	0,9
2	La Beatriz	Betancourt Serna Hermanos	0,3
3	Villa Mercedes	Cañizales de Tascón Mercedes /Sociedad Explotación Agrícola La Lorena S en C.S.	0,2
4			0,6
5	La Rivera	Cifuentes Jorge Milton	0,4
6			0,8
7	Pénjamo	Cortázar Díaz Leopoldo	0,1
8	Los Mates	Echavarría Heriberto	0,3
9	Catay	Escobar Cuervo Alberto Herederos.	0,3
10	La Piedad	Agropecuaria Río Grande (En liquidación)	3,24
16	Los Comuneros	Herederos de Josefina Rojas	0,7
17	Capri	Herederos de Mario Lozano	0,1
18	San Roque	Hernández de Montoya Irma	1
19			4,3
20	El Diamante	Jaramillo Francisco y otro	2,5
21	Los Pinos	Jaramillo Juan Francisco	2,4
22	Avícola Caramanta	Jaramillo Jorge Rene	0,1
23	El Cuchaque	Jaramillo María Elena	0,3
24	El Jardín	Jaramillo Nhora Alicia y otros	0,2
25			3,4
26	Altosano # 1	Jaramillo Stellia	0,1
27	Cgto. Los Chancos	Junta de Acción Comunal	3,1
28	El Comunero	Lozano Aldemar	0,6
29	El Comunero		0,9



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Orden	Predio / Canal	Propietario o Canal	Concesión (L/s)
30	El Comunero		2,4
31	Sin Nombre		0,7
32	El Comunero 2		0,2
33	Altosano No.6	Lozano Elba Elena	0,4
34			1,4
35	El Recreo	Marmolejo Ofelia	7,02
36	Altosano No.4	Montoya Maryluz	5,7
37			2,8
38	Altosano # 3		0,8
39			3,1
40	La Pincelada		4,8
41	La Cabaña	Montoya Walter	1
42			1,3
43	La Esperanza	Opina de Gonzales Olga	1,2
44		Ospina Aurelio /José Vielman Ospina	0,1
45	La Mercedaria	Ospina Jesús Hernán	0,3
46	San Luis	Ospina Tulia del Carmen / Ospina Blanca Luz	0,5
47			0,3
48	La Delia	Peñaranda Nubia Stella	0,3
49	El Vergel	Soto Carmen Tulia	0,1
50	El Vergel # 2	Rojas Jesús Alberto	0,3
51	El Socorro	Rojas Manuela	0,3
52	La Esneda	Rojas María Eugenia	0,5
53	Altosano	Soto Aguilera Margarita	0,57
54	Villa Mérida	Tascón Camilo	0,7
55	Altosano No.5	Tascón Dagoberto	4,9
56			2,8
57	0,3		
58	La Reserva		0,3
59			0,3
60	La Dorada		1,1
61			1,2
62	El Jardín	Tascón Delfín	0,1
63			0,1
64	El Mestizal	Tascón J. Tobías	0,2
65	La Bárbara	Tascón Ospina Bárbara	0,1
66	El Mestizal	Vargas Pedro Alfonso	0,2
67	El Palmar	Vélez Alberto Javier	1
68	El Palmar	Vélez Alberto Javier y otros	0,9
			77,13
D3	Q: 50 Ips		
1	La Lorena	Agrop. La Lorena Ltda.	23,5
2	La Milagrosa	Montoya Jorge (Daniel Rojas)	7,9

Orden	Predio / Canal	Propietario o Canal	Concesión (L/s)
3			11,4
4	La Ximena	Agropecuaria La Ximena S.A. que ahora se llama Marruecos	11,3
			54,1

2.9.2 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano

En cuanto a las captaciones de agua para consumo humano se identificaron 2 usuarios con captaciones: Acuavalle y el acueducto de los Chancos (Tabla 2-23).

Tabla 2-23. Captaciones de agua en la quebrada San Pedro para consumo doméstico.

Id	Nombre o razón social	Predio	vereda	Y (1)	X (1)
1	ACUAVALLE SA SP	La piedad	Los chancos	934366,6046	1097460,163
2	Acueducto Los Chancos	La piedad	Los Chancos	934470,083	1097415

(1) Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

2.9.3 Inventario de sistemas de tratamientos de agua residual

Los vertimientos a la quebrada San Pedro se dan por uso doméstico, industrial y agrícola (Tabla 2-24)

Tabla 2-24. Vertimientos a la quebrada San Pedro

EXPEDIENTE	SOLICITANTE	TIPO	Y	X	Q (L/s)
0721-036-014-523	PRODECAÑA SAS	Industrial	1005038,189	1093886,127	0,476
0741-039-004-314	Municipio de San Pedro	Domestica	1005014,301	1093701,208	2,7
Sin permiso	Finca potrerillo	Domestica	934291,1745	1096146,888	0,0000051
Sin permiso	Finca Villa Esneda	Domestica	934014,1499	1095840,424	0,0000051
Sin permiso	PTAR Villas de Belén (Agüitas) identificado en el PSMV VPC No.2	Domestica	937806,9551	1094300,6	0,0001610
Sin permiso	Usuario directo Sector Guayabal	Domestica	934413,0813	1094166,63	0,0000053
Sin permiso	Usuario directo Sector Guayabal	Domestica	934417,1634	1094157,186	0,0000053
Sin permiso	Usuario directo Sector Guayabal	Domestica	934427,7983	1094174,723	0,0000053
Sin permiso	Usuario directo Sector Guayabal	Domestica	934457,4286	1094166,584	0,0000053

EXPEDIENTE	SOLICITANTE	TIPO	Y	X	Q (L/s)
Sin permiso	Usuario directo Sector Guayabal	Domestica	934471,1463	1094277,743	0,0020630
S.I.	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	Agrícola	937460,9308	1087718,584	S.I.

2.10 Análisis del conflicto actual de uso del recurso hídrico

Los conflictos asociados al río San Pedro se dan principalmente por la escasez de agua; también, cabe resaltar que hay una alta presión debido a su limitada producción de agua, pues maneja una oferta superficial anual de 253 mm, y la demanda estimada en 223 mm año, deficitaria en los meses de enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre. Al no haber suficiente caudal, la concentración de carga contaminante se incrementa, lo que hace que su principal conflicto sea la escasez del recurso tanto para las actividades humanas como para las productivas, (Tabla 2-25).

Tabla 2-25. Conflictos del recurso hídrico en la quebrada San Pedro

TIPO DE CONFLICTO	CONFLICTO ASOCIADO	CARACTERÍSTICAS DE LA PROBLEMÁTICA
Escasez de agua	Bajo abastecimiento del agua superficial y subterránea	Factores relevantes que presionan la oferta hídrica, son:
		1. La falta de bosque protector.
		2. Las tomas ilegales de caudales.
Contaminación del Agua	Contaminación de aguas Subterráneas	3. Los conflictos de uso del suelo - Actividades agropecuarias en zonas no aptas y la ampliación de la frontera agrícola.
		La contaminación de las aguas subterráneas en la zona por la inadecuada disposición de aguas residuales de la actividad agropecuaria y del sector de servicios de saneamiento
	Contaminación de aguas Superficiales	La cuenca hidrográfica tiene factores relevantes de contaminación hídrica, son éstos:
		1. Vertimientos domésticos sin tratar en aguas superficiales.
		2. Vertimientos de porquerizas sin tratar en corrientes superficiales.
		3. Sedimentación del cauce y turbiedad de las quebradas en temporadas invernales.
	Generación de vertimientos sin tratamiento o con incumplimiento de las normas de vertimiento	4. Percolación de residuos agroquímicos en el suelo, por la agricultura mecanizada
Los vertimientos domésticos se vierten en las fuentes hídricas de la cuenca. Adicionalmente, se realizan vertimientos a terrenos de infiltración y a pozos de infiltración.		
Otra fuente de vertimientos la constituyen los procesos productivos.		
	En la parte alta los principales afluentes están sometidos a la entrega de los colectores de agua servidas de las viviendas y residuos sólidos domésticos en áreas aledañas a las Quebradas	



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

TIPO DE CONFLICTO	CONFLICTO ASOCIADO	CARACTERÍSTICAS DE LA PROBLEMÁTICA
		En la parte baja se torna crítico ya que las poblaciones vierten sus aguas servidas y basuras a los cuerpos de agua superficial.
Conflicto por manejo y uso inadecuado del suelo	Ganadería extensiva	Localizada en la zona media y alta de la cuenca, dada por la introducción de potreros después de la tala del bosque, el sobrepastoreo especialmente en zonas pendientes, las aguas residuales del proceso de sacrificio, demanda de agua para el levante lo que presiona al sistema.
	Cría y Levante de cerdos sin prácticas de producción más limpias	Actividad de pequeña y mediana escala en la cuenca principalmente en la zona plana y próxima a los centros poblados, aunque hay un vertimiento, este es mínimo, sin embargo, los olores es el principal impacto social por la proximidad de los galpones porcícolas a los centros poblados.
La cobertura forestal de la cuenca se ha visto afectada por la tala indiscriminada, en áreas de protección, ampliando la frontera agrícola, las principales presiones se derivan de las actividades humanas y productivas	Manejo inaequado de residuos de la avicultura	Dada principalmente por el lavado de galpones con productos químicos que tienen como destino las quebradas y la demanda para el consumo de agua por parte de la población de aves existentes es muy alta.
	Cultivos de caña de azúcar en franjas forestales protectoras	Adecuación de tierras para aumentar el cultivo de la caña en el área de influencia de humedales Alta demanda y uso ineficiente del agua, por lo que en una cuenca deficitaria se incrementa el conflicto.
Uso cuerpo de agua	Desabastecimiento de agua	Los indicadores hidrológicos señalan una cuenca con un bajo rendimiento hídrico, con un desbalance hídrico notorio en épocas secas, además de presentarse una gran actividad de trasvases de agua.
		El desbalance hídrico tiene a la actividad agrícola como la principal responsable, pues es el principal concesionario de aguas asignadas y con bajas eficiencias en el uso
Regulación y control	Gestión interinstitucional	Escasa eficacia en la gestión del Estado con relación a la implementación de políticas, programas, proyectos e instrumentos con que cuentan los organismos para recuperar y/o conservar los recursos naturales de las cuencas mencionadas.
		Nula planificación y control de las construcciones en las riberas de las Quebradas.
		La construcción de carreteras veredales sin el establecimiento de unos adecuados parámetros de diseño de obras civiles.
		Obsolescencia del alcantarillado.
Manejo de residuos sólidos	Disposición inadecuada	La mala disposición de residuos, tanto en el cauce como en la ribera de los cuerpos de agua superficial genera contaminación en los compartimentos ambientales
		Las aguas se ven afectadas por la contaminación, pues sus principales afluentes están sometidos a la entrega de los colectores de agua servidas de las viviendas y residuos sólidos domésticos en áreas aledañas a la Quebrada San Pedro.

2.11 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de la cantidad y la calidad de la quebrada San Pedro

Las campañas de monitoreo de calidad y cantidad de agua superficial y de vertimientos 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 y sobre el caudal asociado. Estos datos permiten identificar fuentes de contaminación, evaluar el cumplimiento de los estándares ambientales y tomar medidas correctivas para garantizar la calidad del agua. Para la Quebrada San Pedro se diseñó y un plan de monitoreo de calidad y cantidad en temporada seca y húmeda, la cual se describe en los siguientes acápite.

Se realizaron dos campañas de monitoreo de calidad y cantidad en la quebrada San Pedro una en tiempo seco (septiembre de 2022) y otra en tiempo húmedo (Marzo – abril de 2023). En La campaña 1 se definieron tres (3) estaciones de monitoreo para las variables fisicoquímicas y para las comunidades hidrobiológicas, perifiton, macroinvertebrados y peces (SP1, SP2, SP3); al igual que una (1) para los vertimientos (VSP1).

La campaña 1 de monitoreo fue realizado por el Laboratorio Anascol, el cual cuenta con acreditación para producir información, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, otorgada por el IDEAM bajo la Resolución 0887 de 2021. La campaña 2 realizada por el Laboratorio SAAM Ingeniería y Laboratorio Ambiental, el cual cuenta con acreditación para producir información, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, otorgada por el IDEAM bajo la Resolución 0887 de 2021.

En la Tabla 2-26 y en la Figura 11 se presentan la ubicación de las estaciones de monitoreo de agua superficial y vertimientos de la primera campaña realizada en la quebrada San Pedro.

Tabla 2-26. Estaciones de monitoreo de agua superficial y de vertimientos de la primera campaña en la quebrada San Pedro

ID	Nombre	Latitud	Longitud
SP1 (P19)	Qda. San Pedro - Estación CVC Corregimiento Angosturas	3°58'6,24"	76°10'52,51"
SP2 (P20)	Puente doble calzada	4°0'2,25"	76°13'43,06"
SP3 (P20)	Qda San Pedro después del vertimiento de Guayabal	4°1'6,80"	76°14'46,49"
VSP1	PTAR Guayabal	4°0'40.26"	76°13'58.93"

La segunda campaña se realizó en marzo 29 de 2023, e incorporó dos puntos más para el estudio de trazadores y uno para el monitoreo de calidad del agua superficial en la quebrada San Pedro (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5) y uno (1) de vertimientos (VSP1); En la Tabla 2-27 y en la Figura 12 se presenta la información de las estaciones de monitoreo de la segunda campaña de la quebrada San Pedro.

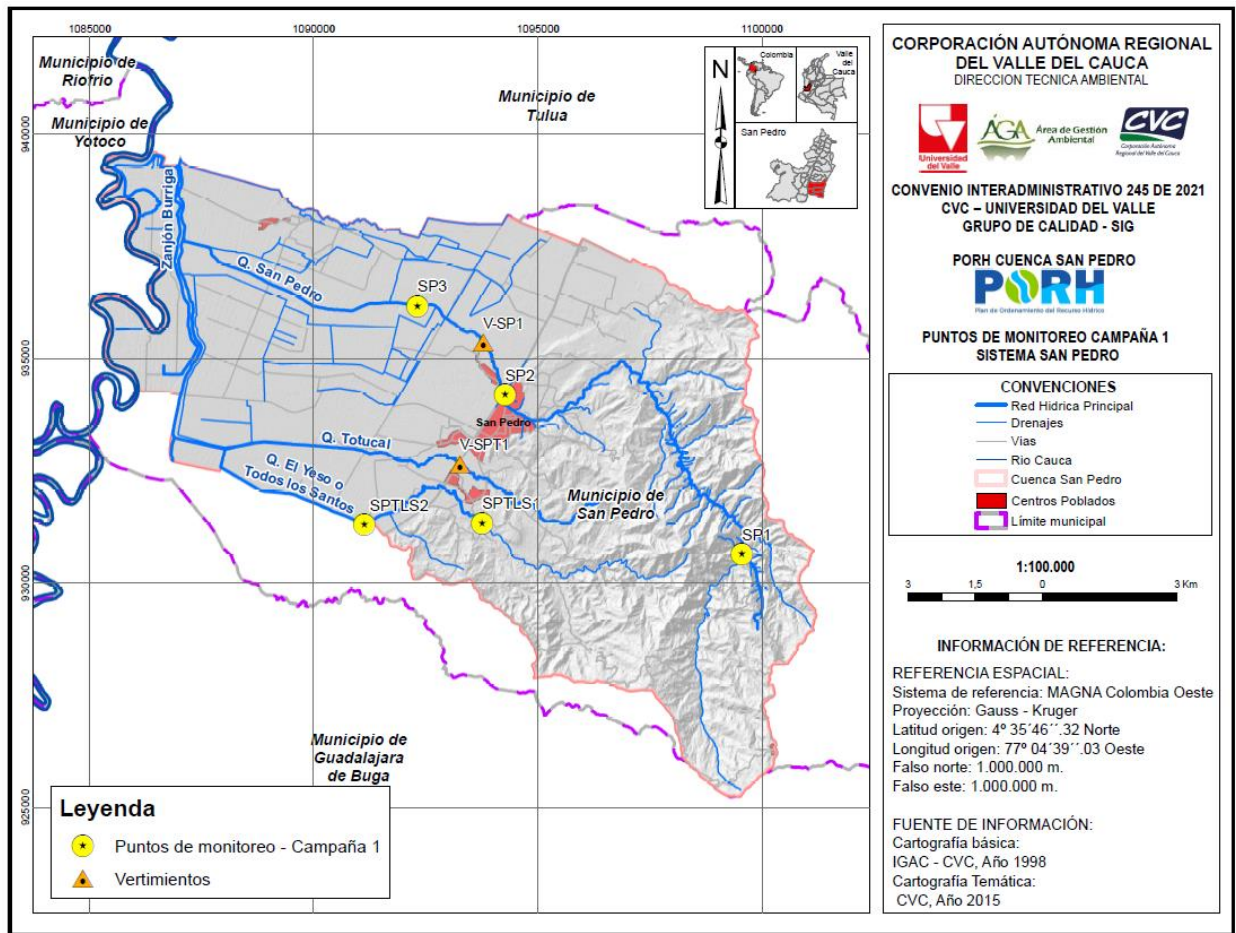


Figura 11. Mapa de las estaciones de la primera campaña de monitoreo de la calidad del agua de la quebrada San Pedro

Tabla 2-27. Estaciones de monitoreo de agua superficial y de vertimientos de la segunda campaña de la quebrada San Pedro

ID	Nombre	Latitud	Longitud
SP1	Antes del Corregimiento de Angosturas	3°58'6,4"	76°10'52,0"
SP2	Puente doble calzada	4°0'23,25"	76°13'43,1"
SP3	Después de la PTAR corregimiento de Guayabal	4°1'8,78"	76°14'59,64"
SP4	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	4°1'49"	76°17'15,4"
SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	4°1'53,6"	76°17'35,1"
VSP1	Después de la PTAR Guayabal	4°0'40,26"	76°13'58,93"

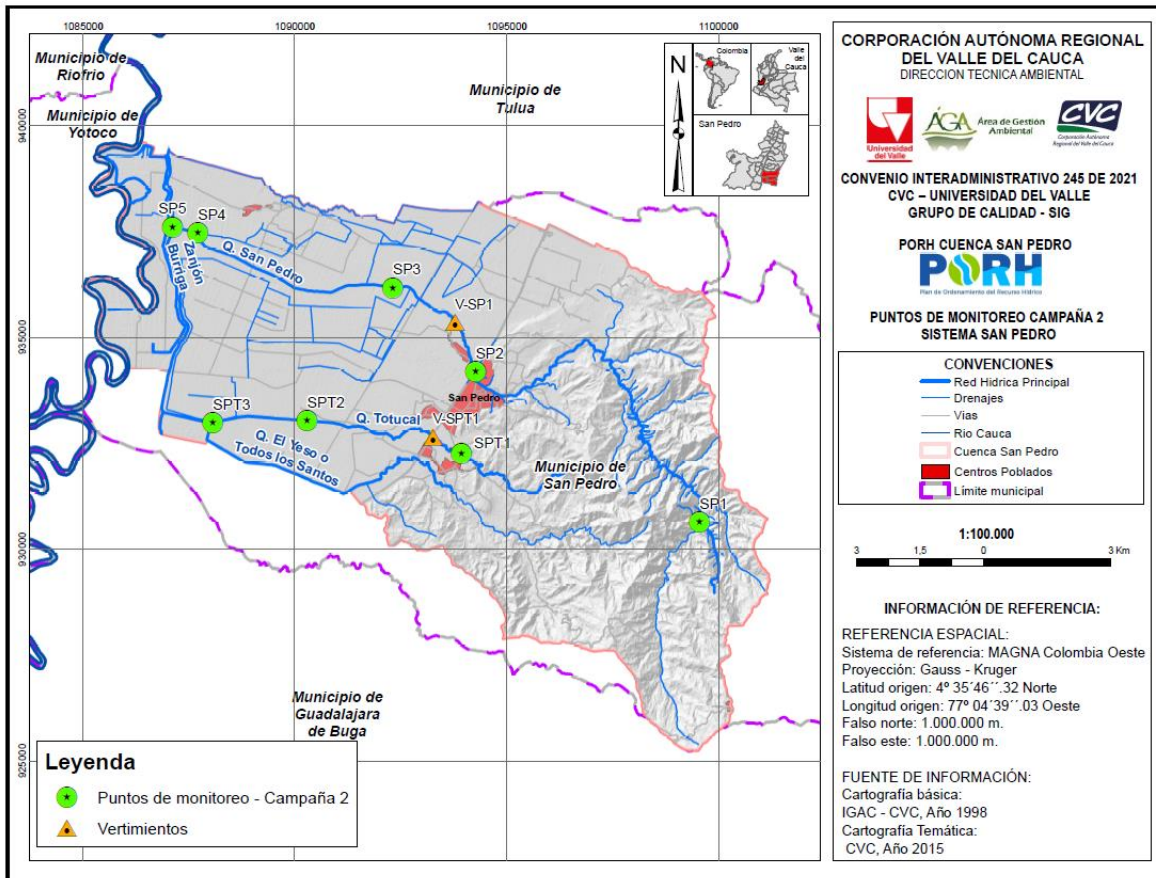


Figura 12. Mapa de las estaciones de la segunda campaña de monitoreo de la calidad de agua de la Quebrada San Pedro

Adicionalmente, el plan de monitoreo estuvo alineado con lo indicado por el *Protocolo para monitoreo y seguimiento del agua* (2021) y la *Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales* (2018). Esta última precisa que el análisis de la calidad del recurso hídrico está basado fundamentalmente en tres herramientas: i) la medición; ii) el análisis teórico y estadístico; y, iii) la modelación matemática.

En este sentido se midieron variables: In situ, físico químicas, iones y microbiológicos, de acuerdo con el plan de muestreo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: Estudios de trazadores, especificaciones de toma de muestra siguiendo la masa de agua, medición de caudal y seguimiento de las campañas, para ejecutar las campañas de monitoreo y realizar las fichas correspondientes.

2.11.1 Caracterización hidráulica

Primera campaña: Previo a la ejecución de las campañas de monitoreo, se realizó el estudio de trazadores, que constituye una herramienta de gran importancia en el estudio de la hidráulica de

ríos, generando así información hidrodinámica promedio a nivel de un tramo (Minambiente, 2018). Estos ensayos fueron necesarios para la estimación de los tiempos de viaje y la definición de los horarios de toma de muestra.

Los estudios de trazadores fueron realizados por Anascol S.A.S., el 14 de septiembre de 2022 siguiendo las especificaciones generadas por el grupo de calidad del proyecto. De esta manera, se proporcionaron tres (3) puntos de inyección sobre la quebrada San Pedro (SP1, SP2 y SP3), para un total de análisis de tres (3) tramos sobre esta corriente. El trazador empleado fue Cloruro de Sodio (NaCl), el cual por sus características químicas es conservativo, como lo recomienda el Minambiente (2018).

En la Tabla 2-28 hasta la Tabla 2-36 se incluyen los resultados del ensayo de trazadores para la campaña No. 1.

Tabla 2-28. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP1

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
Masa de trazador	mg	3200000,00
Tiempo total de ensayo	[seg]	1200
Ganancia Estable (SSG)	[%]	0,98
Validación del ensayo		VALIDO

Tabla 2-29. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP1

RESULTADOS POR TRAMO	UNIDADES	TRAMO 1	TRAMO 2
Concentración Máxima	[mg/L]	399,8	255,3
C3	[mg]	33588,43	33026,42
Caudal	[L/s]	95,27	96,89
Caudal Promedio			96,08
Tiempo medio de viaje T1	[seg]	217,55	347,95
Tiempo al Pico	[seg]	195	300
Tiempo de primer arribo	[seg]	45	15
Tiempo de pasaje	[seg]	1155	885
Fracción dispersiva		0,79	0,96
Velocidad Media (U)	[m/s]	0,14	0,17
Promedio Velocidad Media			0,16
Velocidad Máxima	[m/s]	0,67	4
Coficiente de Mezcla Transversal (Dt)	[-]		0
Longitud de Mezcla	[m]	13,21	16,51
Coficiente de dispersión Longitudinal	[m/s]	0,12	0,19
Longitud de ensayo	m	P1	P2
		40	80



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Tabla 2-30. Consolidado de caudales – Estación SP1

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
Caudal aforado campaña de trazadores	L/s	98,17
Caudal campaña calidad de agua	L/s	87,81
Caudal trazador	L/s	96,08

Tabla 2-31. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP2

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
Masa de trazador	mg	4300000,00
Tiempo total de ensayo	[seg]	1200
Guanacia Estable (SSG)	[%]	0,99
Validación del ensayo		VALIDO

Tabla 2-32. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP2

VARIABLE	UNIDADES	TRAMO 1	TRAMO 2
Concentración Máxima	[mg/L]	380,05	282,95
C3	[mg]	31160,74	30793,99
Caudal	[L/s]	137,99	139,64
Caudal Promedio	[L/s]	138,82	
Tiempo medio de viaje T1	[seg]	314,52	439,60
Tiempo al Pico	[seg]	285	360
Tiempo de primer arribo	[seg]	210	15
Tiempo de pasaje	[seg]	420	945
Fracción dispersiva		0,33	0,97
Velocidad Media (U)	[m/s]	0,10	0,14
Promedio Velocidad Media			0,12
Velocidad Máxima	[m/s]	0,14	4
Coefficiente de Mezcla Transversal (Dt)	[-]	0,00	
Longitud de Mezcla	[m]	23,52	33,65
Coefficiente de dispersión Longitudinal	[m/s]	0,15	0,30
Longitud de ensayo	m	P1 50	P2 100

Tabla 2-33. Consolidado de caudales – Estación SP2

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
CAUDAL AFORADO CAMPAÑA DE TRAZADORES	L/s	135,45
CAUDAL CAMPAÑA CALIDAD DE AGUA	L/s	121,16
CAUDAL TRAZADOR	L/s	138,82

Tabla 2-34. Resultados generales de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP3

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
Masa de trazador	mg	2200000,00
Tiempo total de ensayo	[seg]	1200
Guanacia Estable (SSG)	[%]	1,03
Validación del ensayo		VALIDO

Tabla 2-35. Continuación - Resultados de la campaña 1 del ensayo de trazadores de la quebrada San Pedro – Estación SP3

RESULTADOS POR TRAMO	UNIDADES	TRAMO 1	TRAMO 2
Concentración Máxima	[mg/L]	246,54	217,08
C3	[mg]	23909,86	24737,76
Caudal	[L/s]	92,01	88,93
Caudal Promedio	[L/s]	90,47	
Tiempo medio de viaje T1	[seg]	287,96	422,95
Tiempo al Pico	[seg]	255	375
Tiempo de primer arribo	[seg]	165	15
Tiempo de pasaje	[seg]	765	810
Fracción dispersiva		0,43	0,96
Velocidad Media (U)	[m/s]	0,10	0,14
Promedio Velocidad Media			0,12
Velocidad Máxima	[m/s]	0,18	4
Coefficiente de Mezcla Transversal (Dt)	[-]	0,00	
Longitud de Mezcla	[m]	39,18	53,36
Coefficiente de dispersión Longitudinal	[m/s]	0,269	0,500
Longitud de ensayo	m	P1	P2
		30	60

Tabla 2-36. Consolidado de caudales – Estación SP3

VARIABLE	UNIDADES	RESULTADO
CAUDAL AFORADO CAMPAÑA DE TRAZADORES	L/s	83,52
CAUDAL CAMPAÑA CALIDAD DE AGUA	L/s	83,52
CAUDAL TRAZADOR	L/s	90,47

Caracterización hidráulica segunda campaña:

Los estudios de trazadores para esta campaña fueron realizados por el laboratorio Saneamiento Ambiental SAAM S.A.S. entre los días 13 y 22 de marzo de 2023. 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), $3,0 \text{ kg/m}^3/\text{s}$.

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 empleando los criterios empíricos de Fisher y la EPA, teniendo como insumo información preliminar de la primera campaña de monitoreo. 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.

2.11.3 Resultados del monitoreo de cantidad de la quebrada San Pedro

Primera campaña:

A continuación, se presentan los resultados para los aforos realizados sobre los cuatro (4) puntos de monitoreo sobre la quebrada San Pedro y posteriormente se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos.

Los resultados de las mediciones relacionadas con el aforo de caudal de la primera campaña son presentados en la Tabla 2-37 y en la Figura 13. Se observa P19 (SP1) es de 87.81 L/s y aumenta a 121.16 L/s en el punto P20 (SP2), finalmente en el punto P21 (SP3) el caudal disminuye a 83.52 L/s, un valor cercano al primer punto de monitoreo. En cuanto a los resultados batimétricos, se observa un ancho similar en los tres puntos de monitoreo, entre 2 y 3 metros, siendo el ancho menor el correspondiente al punto P19 (SP1); para la profundidad se observan variaciones entre 0.14 y 0.19 metros y finalmente, para el caso de la velocidad, el comportamiento es decreciente, inicia en 0.31 m/s y disminuye hasta 0.15 m/s en el último punto de monitoreo.

Entre los puntos SP2 y SP3, como se presenta en la gráfica siguiente, se encuentra la descarga del vertimiento V-SP1 (PTAR Guayabal).

Tabla 2-37. Resultados del aforo de caudal de la primera campaña - Quebrada San Pedro

ID	Nombre	Caudal (L/s)	Ancho (m)	Profundidad media (m)	Velocidad media (m/s)
P19 (SP1)	Estación CVC – Angosturas	87.81	2	0.14	0.31
P20 (SP2)	Puente Doble Calzada	121.16	3	0.19	0.21
P21 (SP3)	Después De Vertimientos – PTAR Guayabal	83.52	3	0.17	0.15

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

Entre los puntos P20 (SP2) y P21 (SP3), como se presenta en la gráfica siguiente, se encuentra la descarga del vertimiento V-SP1 - PTAR Guayabal.

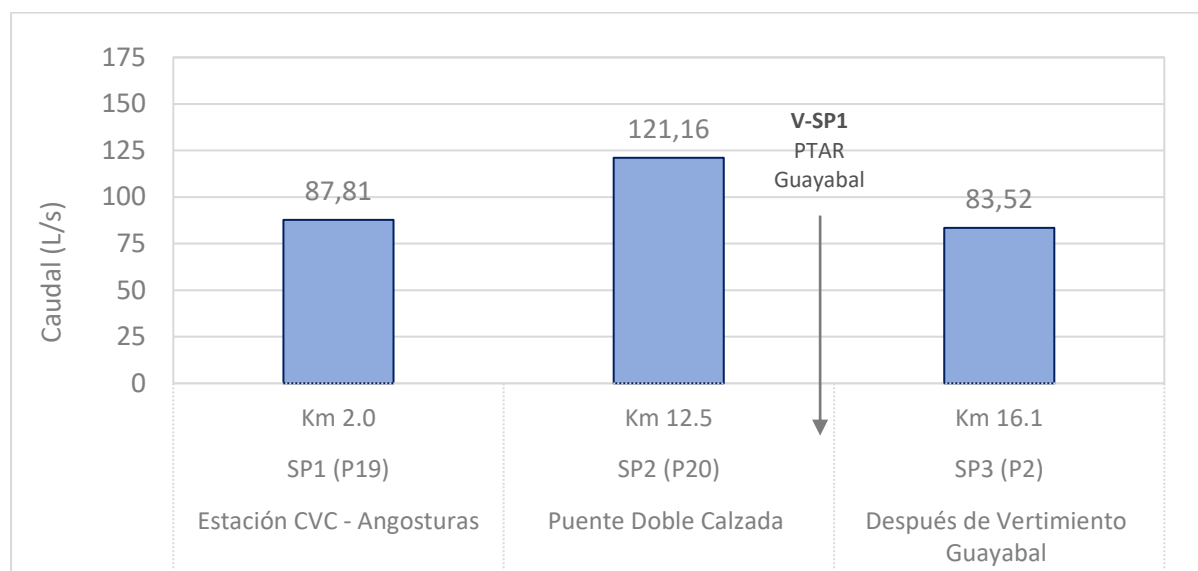


Figura 13. Resultados del aforo del caudal de la campaña 1- Quebraba San Pedro

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

Segunda campaña:

Se observa en los resultados presentados en la Tabla 2-38 y en la Figura 14, que el caudal en el primer punto de monitoreo SP1 es de 5238 L/s y se reduce a 1644 L/s para el segundo punto de monitoreo. Para el tercer punto el caudal fue de 3986 L/s y posteriormente ingresa La Acequia La Fortuna (SP4) con un caudal de 761 L/s. Para el punto final el caudal se reduce nuevamente y es de 2431 L/s. En cuanto a la batimetría el ancho varió entre 3.5 y 6.7 metros, mientras que la profundidad se mantuvo entre 0.29 y 0.92 metros. Finalmente, para la velocidad hubo variaciones considerables, de 0.45 a 2.53 m/s.

Entre los puntos SP2 y SP3, como se presenta en la gráfica siguiente, se encuentra la descarga del vertimiento V-SP1 (PTAR Guayabal).

Tabla 2-38. Resultados del aforo de caudal de la segunda campaña - Quebraba San Pedro

ID	Nombre	Caudal (L/s)	Ancho (m)	Profundidad media (m)	Velocidad media (m/s)
SP1	Antes corregimiento Angosturas	5238.10	6.00	0.29	2.53
SP2	Puente doble calzada	1644.40	6.70	0.27	1.03
SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento Guayabal	3986.00	4.50	0.48	1.71
SP4	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	761.60	3.50	0.86	0.25
SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	2431.20	5.80	0.92	0.45

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

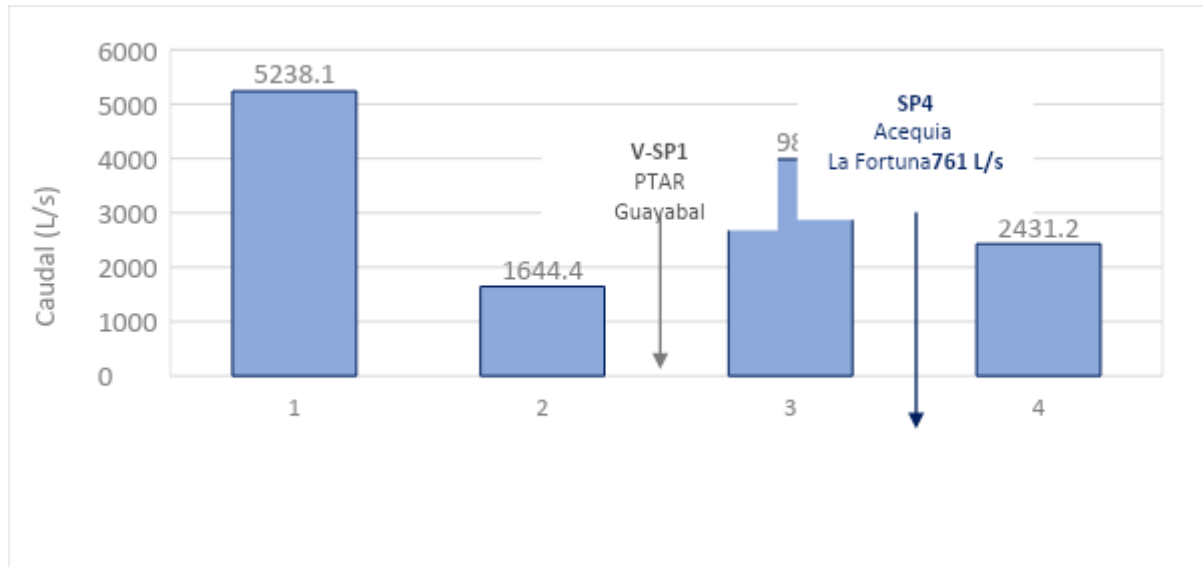


Figura 14. Resultados del aforo del caudal de la campaña 2 - Quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

2.11.4 Resultados del monitoreo de calidad de la quebrada San Pedro

En la Tabla 2-39 presenta los resultados de la caracterización de las variables de calidad fisicoquímicas y microbiológicas para los puntos objeto de monitoreo en las campañas 1 y 2.

Tabla 2-39. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico para las campañas 1 y 2 de la Quebrada San Pedro

TIPO	VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	QUEBRADA SAN PEDRO						
			Estación CVC - Angosturas SP1 (P19)		Puente Doble Calzada SP2 (P20)		Después de Vertimiento o Guayabal SP3 (P2)		Desembocadura en Zanjón Burrigá SP5
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C2
			Km 2.0		Km 12.5		Km 16.1		Km 21.4
IN SITU	Caudal	L/s	87,81	761,6	121,16	1644,4	83,52	3986	2431,2
	pH ¹	Unidades de pH	7,35	7,52	8,26	7,2	8,04	7,52	8,14
	Conductividad	(µs/cm)	181	320	277	276	300	320	97
	Oxígeno Disuelto ¹	mg O ₂ /L	5	4,21	5,15	6,9	5,01	4,21	4,89
	Temperatura ¹	°C	19,31	22,8	24,02	20,33	24,03	22,8	21,62
	Sólidos Sedimentables ¹	mL/L	0,1	1,9	0,1	4,2	0,1	1,9	2,2



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

TIPO	VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	QUEBRADA SAN PEDRO						
			Estación CVC - Angosturas SP1 (P19)		Puente Doble Calzada SP2 (P20)		Después de Vertimiento o Guayabal SP3 (P2)		Desembocadura en Zanjón Burrigá SP5
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C2
			Km 2.0		Km 12.5		Km 16.1		Km 21.4
FISICOQUIMICOS BÁSICOS	Alcalinidad Total	mg CaCO ₃ / L	85,6	49,3	131	67,3	118	82,6	65,4
	Dureza Total	mg CaCO ₃ / L	83,7	120	119	44,6	121	51	54
	Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO ₅	mg O ₂ /L	5	35	5	65	5	37	52
	DBO ₂₀ (20 días) *	mg O ₂ /L	5	41	5	75	5	63	54
	DBO ₅ Soluble*	mg O ₂ /L	5	28	5	48	5	28	43
	Demanda Química de Oxígeno – DQO	mg O ₂ /L	20	51	20	90	20	57	84
	Carbono Orgánico Total ³	mg COT/L	2	2	3	4,8	5	14,5	16,4
	Sólidos Disueltos Totales ³	mg/L	131	48	180	58	180	78	70
	Sólidos Suspendidos Totales	mg SST/L	10	2827	10	1230	10	907	3237
	Sólidos suspendidos Volátiles ³	mg/L	11,6	180	11,6	93	11,6	87	220
	Turbiedad	NTU	2	1975	2	1006	2	963	1301
	Nitrógeno Amoniacal	mg N/ L	1,646	2,34	1,646	1	1,646	1	1
	Nitrógeno Kjeldahl Total	mg NTK/L	4	5	4	5,54	4	6,16	5
	Nitratos	mg N/ L	0,113	13,400	0,113	14,100	0,113	9,1	10
	Nitritos	mg N/ L	0,002	0,010	0,003	0,010	0,297	0,01	0,01
	Nitrógeno Total - Cálculo MC	mg/ L N	0,000	26,810		33,750		24,37	20,01
	Fosfatos ⁴	mg P-/L	0,049	0,100	0,049	0,100	0,144	0,1	0,1
Fósforo Total	mg P/L	12,5	1	0,0531	1	0,464	1	1	



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

TIPO	VARIABLES ANALIZADAS	UNIDADES	QUEBRADA SAN PEDRO						
			Estación CVC - Angosturas SP1 (P19)		Puente Doble Calzada SP2 (P20)		Después de Vertimiento o Guayabal SP3 (P2)		Desembocadura en Zanjón Burrigá SP5
			C1	C2	C1	C2	C1	C2	C2
			Km 2.0		Km 12.5		Km 16.1		Km 21.4
	Aceites y Grasas	mg/L	1	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5
	Surfactantes Aniónicos	mg SAAM/ L ²	0,4	2,19	0,4	2,24	0,4	1,34	0,1
	Fenoles	mg Fenoles/L	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15	0,15
METALES Y METALOIDES	Cadmio Total	mgCd/L	0,01	0	0,01	0	0,01	0	0
	Zinc Total	mg Zn/L	0,05	0	0,05	0	0,05	0	0
	Cobre Total	mg Cu/L	0,02	0	0,02	0	0,0278	0	0
	Cromo Total	mg Cr/L	0,02	0	0,02	0	0,02	0	0
	Hierro Total	mg Fe/L	0,2	11,9	4,09	1,89	0,2	4,29	2,03
	Manganeso Total	mg Mn/L	0,1	1	0,1	0,062	0,1	0,388	0,032
	Mercurio Total	mg Hg/L	0,001	0	0,001	0	0,001	0	0
	Níquel Total	mg Ni/L	0,05	0	0,05	0	0,05	0	0
	Plomo ³	mg Pb/L	0,05	0	0,05	0	0,05	0	0
IONES	Cloruros	mg Cl-/ L	5	8,6	5	8,9	5	6,5	7,6
	Magnesio Total	mg Mg/L	0,238	13	0,378	4,7	0,358	4,6	6,4
	Sodio Total	mg Na/L	7,82	4,1	12,1	4,2	14,3	4,6	4,5
	Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² / L	10	21	28,8	1	15,1	1	1
	Calcio Total	mg Ca/L	11,7	26,5	18,5	10,1	25,8	12,8	11,1
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	134	400	1576	300	222,2	400	200
	Coliformes Totales	NMP/100 mL	4106	19000	19863	9100	2419,6	19000	1400
OTROS	Clorofila ³	mg/m ³	0,1	0,001	0,1	0,001	0,1	0,001	0,001
	Color real o verdadero	UPC	12	5	11	9	22	5	9,84

2.11.5 Resultados del monitoreo de vertimientos

A continuación, en la Tabla 2-40 se presenta los resultados del monitoreo del vertimiento VSP1 – PTAR Guayabal, tanto en primera como en la segunda campaña.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en los vertimientos de la corriente San Pedro, los valores de DQO estuvieron en el rango típico de agua residual municipal (250 a 800 mg/L) propuesto por Metcalf & Eddy 2003. Para este caso los valores fueron de 438 mg/L para la primera campaña y 431 mg/L para la segunda campaña del monitoreo para VSP1. Respecto a la DBO5, los autores indican que los valores característicos de agua residual municipal se encuentran entre 100 y 350 mg/L, como es el caso del valor obtenido para VSP1 (295 mg/L primera campaña y 287 mg/L segunda campaña).

Tabla 2-40. Resultados del monitoreo del vertimiento VSP1 PTAR Guayabal monitoreado en la campaña 1 y 2

Parámetro	Unidades	Método	Límite de cuantificación	VSP1 PTAR GUAYABAL	
				C1	C2
pH máximo	Unidades de pH	SM 4500-H B	N.A.	7,7	9.23
pH mínimo	Unidades de pH	SM 4500-H B	N.A.	7,4	7.18
Temperatura máxima de la muestra	°C	SM 2550 B	N.A.	25,7	25.2
Oxígeno disuelto	mg/L	SM 4500-O G	N.A.	0,45	0.45
Conductividad eléctrica	us/cm	SM 2510 B	N.A.	1182	1180
Caudal máximo	L/s	Volumétrico	N.A.	4,778	1.795
Caudal mínimo	L/s	Volumétrico	N.A.	0,895	0.819
Caudal promedio	L/s	Volumétrico	N.A.	2,063	1.144
Demanda Química de Oxígeno	mg/ L O2	SM 5220D	<2	438	431
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/ L O2	SM 5210B	<2	295	287
Demanda Bioquímica de Oxígeno Soluble	mg/ L O2	SM 5210B	<2	223	258
Demanda Bioquímica de Oxígeno Última	mg/ L O2	SM 5210B	<2	315	314
Sólidos Suspendidos Totales	mg/ L	SM 2540 D.	<20.0	262	172
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/ L	SM 2540 D, E	<20.0	144	80
Sólidos Sedimentables In Situ	mL/L	SM 2540 F	<0.1	4	0.4
Sólidos Disueltos Totales	mg/ L	SM 2540 C	<5.0	436	774
Turbiedad	UNT	SM 2130 B	<2	132	79.8
Nitratos	mg/L N-NO3	SM 4500-NO3-D	<3.0	1,5	18.6
Nitritos	mg/L N-NO2	S.M 4500-NO2-B	<0.01	<0,01 0	<0.010
Nitrógeno Amoniacal	mg/ L	S.M 4500-NH3 B Y C	<1.0	23,5	46.7
Nitrógeno Total - Cálculo	SM 4500-Na	SM 4500-N a	N.A.	51,9	73.5
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/ L N	SM 4500 NH3 B, C	<5.0	50,4	54.9
Fósforo Total	mg/ L P	SM 4500-P, B, C	<1.0	<1,0	1.8
Fosfatos	mg/L PO4	SM 4500-P, B, C	<0.100	0,953	1.57
Grasas y Aceites	mg/ L	SM 5520 C	<0.5	1,34	3.04
Alcalinidad Total	mg/L CaCO3	SM 2320 B	<20	233	485



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Parámetro	Unidades	Método	Límite de cuantificación	VSP1 PTAR GUAYABAL	
				C1	C2
Sustancias Activas al Azul de Metileno	mg/ L	SM 5540 C	<0.15	9,28	3.48
Fenoles	mg/ L	SM 5530 B, D	<0,15	546	<0,15
Hierro	mg/L Fe	SM 3120 B	<0.02	0,134	0.159
Manganeso	mg/L Mn	EPA 3015 a SM 3120 B	<0.001	0,133	0.078
Cobre	mg/L Cu	EPA 3015 R.1.SM 3120 B	<0.005	0,009	0.007
Plomo Total	mg/L Pb	EPA 3015 a SM 3120 B	<0.01	<0,010	0.014
Níquel	mg/L Ni	EPA 3015 a SM 3120 B	<0.005	0,007	<0,005
Cromo total	mg/L Cr	EPA 3015 a SM 3120 B	<0.0050	<0,005	<0,005
Cadmio Total	mg/L Cd	EPA 3015 a SM 3120 B	<0,001	0,001	<0,001
Cinc	mg/L Zn	EPA 3015 a SM 3120 B	<0.002	0,089	0.035
Mercurio Total	mg/L Hg	EPA 3015 A R1 SM 3112 B	<0.001	<0,001	0.005
Cloruros	mg/L Cl	SM 4500-CI- B	<3.0	23,6	160
Sulfatos	mg/L SO4	SM 4500-SO4 2-E	<1,0	17	2
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	SM9223 B	<1,0	<1	<1.0
Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM 9223 B	<1,0	680000	100000

2.11.6 Resultados monitoreo hidrobiológicos

- **Perifiton**

Las algas perifíticas son algas microscópicas que se adhieren a un sustrato, este puede ser orgánico (e.g. plantas, hojarasca) o inorgánico (e.g. rocas, sustratos artificiales) (Wetzel 1983). Las algas perifíticas juegan un papel fundamental desde el punto de vista hidrobiológico, pues al ser organismos fotosintéticos, oxigenan el agua y contribuyen a la respiración de los organismos acuáticos, además mejoran la calidad del agua a través de la oxidación de la materia orgánica (Montoya y Aguirre 2013). Su estudio es importante tanto desde la perspectiva ecológica, para entender el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, como desde el punto de vista ambiental, pues su composición y estructura pueden servir como indicadores de la calidad del agua y de procesos como la contaminación que pueden estar afectando los ecosistemas acuáticos (Lanza-Espino et al. 2000).

El sistema San Pedro alcanzó, para la suma de los dos periodos monitoreados, un total de 23 morfoespecies de algas perifíticas pertenecientes a 20 géneros, 17 familias, 14 Órdenes, 4 Clases y 3 Divisiones. Del total de las morfoespecies registradas durante las dos temporadas, 10 pertenecieron al periodo de bajo caudal y 19 al de caudal alto, este último con 13 de ellas

presentes únicamente durante dicho muestreo, mientras 4 de las morfoespecies registradas en la temporada seca, no se encontraron en el periodo de lluvias.

Con respecto al carácter cualitativo se registran géneros como *Ulnaria*, *Eunotia*, *Amphipleura*, *Frustulia* y *Pseudanabaena*. El grupo de las clorofitas estuvo conformado por *Oedogonium* y *Stigeoclonium* y el de las cianofitas por *Pseudanabaena* y *Oscillatoria*.

La tendencia de una mayor abundancia en periodo de aguas bajas y una mayor riqueza en la época seca, se vio manifiesta a nivel de estaciones de la quebrada San Pedro en donde se cuenta con dos monitoreos (Estaciones SP1, SP2 y SP3). Además, en la estación SP2 la riqueza en el segundo muestreo alcanzó un nivel de 10 morfoespecies, siendo el más alto entre los sitios monitoreados en los dos periodos. Los resultados de los sitios que solo se monitorearon durante una de las dos campañas, estuvieron en el mismo orden de magnitud de los demás lugares. En la *Figura 15* se observa la comparación en la riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton por estación de monitoreo para la temporada seca y lluviosa.

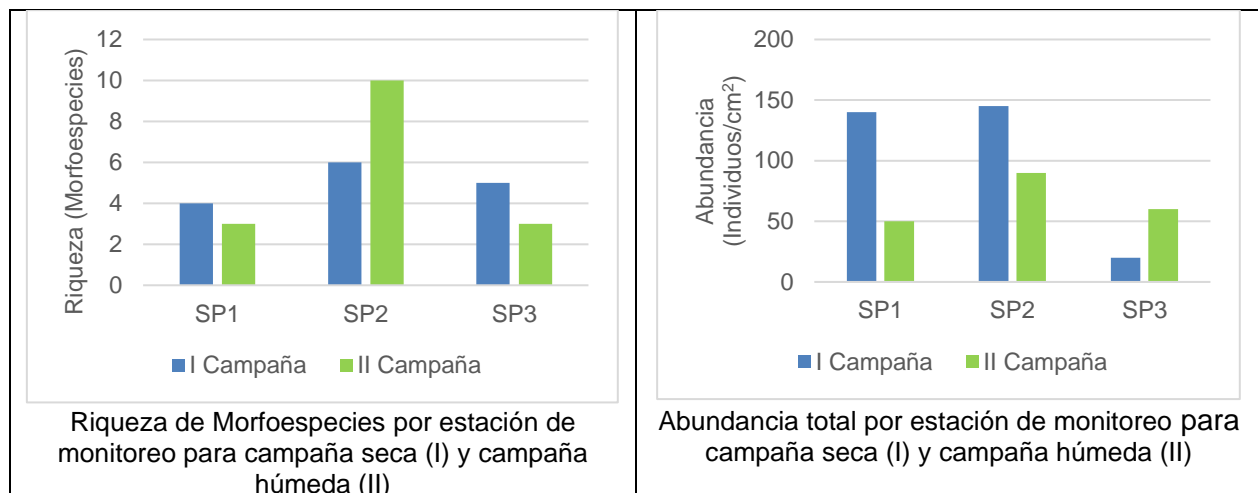


Figura 15. Valores de riqueza de morfoespecies y de abundancia total de la comunidad de perifiton para los muestreos de temporada seca y época lluviosa de la quebrada San Pedro

Fuente: Elaboración propia

Con excepción de la estación SP1 en el periodo de aguas bajas, los resultados del índice de equidad de Pielou presentaron valores altos (por encima de 0.75 unidades). En dicho lugar, el valor correspondió a 0.27 unidades. El factor causante de dicho resultado fue la dominancia ejercida por *Navicula* sp1, taxón que, aunque fue el de más alta abundancia en casi todos los sitios de muestreo, tuvo una densidad relativa más equilibrada en los demás sitios. Durante la segunda campaña, todos los sitios presentaron una comunidad de perifiton altamente equilibrada, con resultados de equidad de 0.90 unidades o superiores (Tabla 2-41). Con excepción de la estación mencionada donde la baja equidad hizo que cayera la diversidad, los valores de Shannon estuvieron levemente por encima de 1.50 nits/individuo en el periodo seco y fluctuaron un poco más en la época lluviosa cuando se alcanzaron resultados levemente por encima de 1.00

en las estaciones SP1 y SP3 y se observó un pico de 2.20 nits/individuo en la estación SP2 como consecuencia de su alta equidad y el mayor número de morfoespecies que se encontró en este sitio.

Se encontraron bajas diferencias entre los dos periodos de estudio para la abundancia de perifiton, lo cual, sumado a una riqueza entre las dos temporadas climáticas, hizo que los parámetros comunitarios alcanzasen una mayor estabilidad.

Tabla 2-41. Resultados de los índices ecológicos por punto de muestreo para la comunidad de perifiton durante la primera (I) y segunda (II) campaña de muestreo de la quebrada San Pedro

Estación	S		N		J'		H'	
	I	II	I	II	I	II	I	II
SP1	4	3	137.406	52	0.27	0.95	0.37	1.04
SP2	6	10	144.752	90.24	0.85	0.96	1.52	2.2
SP3	5	3	21.93	62.67	0.98	0.95	1.58	1.04

Fuente: Elaboración Propia

- **Macroinvertebrados**

Los macroinvertebrados son aquellos organismos invertebrados suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de usar aumentos. Tal como lo define (Oscoz, 2009), la gran variedad de especies que los componen tiene una gran importancia dentro de los ecosistemas acuáticos, tanto por su papel en la transformación de la materia orgánica en el medio, como por representar una importante fuente de alimentación de cara a otros organismos superiores. Estos organismos son considerados bioindicadores del estado ecológico de los sistemas acuáticos, por su notoria sensibilidad a las distintas alteraciones que puede sufrir el medio (hidromorfológicas, físicas o químicas).

En la época seca, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada en la quebrada San Pedro por 2 Phylum, 3 Clases, 10 Órdenes, 22 familias (una familia de Acari sin identificar), 30 morfoespecies y 714 individuos. Se destaca a la familia Baetidae como la más abundante.

Para la época de lluvia, la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo representada en la quebrada San Pedro por 2 Phylum, 2 Clases, 7 Órdenes, 13 familias, 19 morfoespecies y 126 individuos. La familia más abundante fue Chironomidae (Tabla 2-42), notándose un reemplazo en la estructura por organismos tolerantes a la contaminación respecto a la época seca. La familia Simuliidae también presentó abundancias importantes debido a sus adaptaciones para fijarse al sustrato y filtrar materia orgánica.

Tabla 2-42. Abundancia de macroinvertebrados bentónicos de la quebrada San Pedro en época seca (C1) y de lluvia (C2)



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Phylum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	C1			C2			
					SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3	
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	<i>Paracloeodes</i>	22	22	1	0	0	0	
				<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	3	2	
				<i>Baetodes sp.</i>	300	0	1	300	0	1	
			Leptohyphidae	<i>Tricorythodes sp.</i>	1	1	2	0	0	0	
				<i>Leptohyphidae M1</i>	0	0	0	1	1	1	
			Leptophlebiidae	<i>Leptophlebiidae M1</i>	0	0	0	1	0	0	
				<i>Thraulodes sp.</i>	8	0	0	0	0	0	
			Odonata	Libellulidae	<i>Libellulidae M1</i>	0	0	1	1	0	1
					<i>Brechmorhoga sp</i>	1	89	0	0	0	0
		Calopterygidae			0	0	0	0	0	2	
		Megaloptera	Corydalidae	<i>Corydalis sp.</i>	0	2	0	0	0	0	
		Diptera	Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	0	2	0	0	0	
			Chironomidae	<i>Chironomidae M1</i>	0	0	0	1	31	18	
				<i>Chironomidae M2</i>	0	0	0	0	0	5	
				Pupa Chironomidae	0	0	2	0	0	0	
				<i>Subf. Chironominae</i>	3	1	17	0	0	0	
			Ceratopogonidae	Pupa Ceratopogonidae	0	0	2	0	0	0	
			Simuliidae	<i>Simulium sp.</i>	16	13	2	0	24	4	
			Limoniidae	<i>Molophilus sp</i>	1	0	0	0	0	0	
			Empididae	<i>Hemerodromia sp.</i>	1	0	1	0	0	0	
			Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Hydrophilidae (Larva)</i>	0	2	1	0	0	0
		Elmidae		<i>Heterelmis sp.</i>	13	10	0	0	0	0	
				<i>Heterelmis sp. (Adulto)</i>	0	0	0	1	0	0	
				<i>Macrelmis sp. (Larva)</i>	0	0	0	0	1	0	
				<i>Macrelmis sp.</i>	0	1	0	0	0	0	
				<i>Heterelmis sp. (Larva)</i>	0	21	8	0	2	0	
		Leptoceridae		<i>Atanatolica</i>	0	0	0	1	2	0	
		Hydrophilidae		<i>Berosus sp</i>	1	0	0	0	0	0	
		Staphylinidae	<i>Staphylinidae M1</i>	1	0	2	0	0	0		
		Trichoptera	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	1	0	0	0	0	0	
			Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	12	73	0	0	0	0	
<i>Smicridea sp.</i>	2			1	1	0	2	0			
Hydroptilidae	<i>Leucotrichia</i>		1	0	0	0	0	0			
Helicopsychidae	<i>Helicopsyche sp.</i>		19	0	0	0	0	0			
-	<i>Acari M2</i>		0	0	1	0	0	0			
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria sp.</i>	1	0	0	2	1	0			
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Naididae	<i>Naididae M1</i>	0	0	0	0	0	1	

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Morfoespecie	C1			C2		
					SP1	SP2	SP3	SP1	SP2	SP3
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	<i>Physa sp.</i>	0	2	6	0	0	0
Total, Individuos/ m2					404	238	50	308	67	35

A continuación, se realiza una comparación entre las épocas seca y de lluvia usando los índices de diversidad y el índice biótico BMWP/Univale.

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 a 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 al valor total BMWP/Col y son las que se muestran en la Tabla 2-43.

Tabla 2-43. Niveles de clasificación de la calidad del agua según el índice BMWP/Col

Clase	BMWP/Col	Significado	Calidad
I	>150, 101-120	Aguas muy limpias no contaminadas	Buena
II	61-100	Aguas donde se evidencia algún efecto de contaminación	Aceptable
III	36-60	Aguas contaminadas	Dudosa
IV	16-35	Aguas muy contaminadas	Critica
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy critica

Fuente: Roldán, 2003

Como se muestra la Tabla 2-44 el indicador BMWP clasifica las aguas de la quebrada San Pedro como aceptable solo en las estaciones SP1 y SP3 para la temporada seca, mientras que en los otros casos evaluados el índice clasifica las aguas como de calidad dudosa.

Tabla 2-44. Índices de diversidad y BMWP calculados para la quebrada San Pedro

Quebrada	Época	Estación	Taxa_S	Simpson_1-D	Shannon_H	BMWP
San Pedro	SECA	SP1	18	0,46	1,2	97
		SP2	14	0,78	1,83	52
		SP3	18	0,9	2,43	72
	LLUVIAS	SP1	8	0,96	2,38	51
		SP2	10	0,67	1,49	49
		SP3	10	0,78	1,85	37

Se encontró una baja diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los tramos estudiados de la quebrada San Pedro. La familia más abundante fue Chironomidae, propia de aguas fuertemente contaminadas debido a su tolerancia a las bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Estas condiciones de calidad están relacionadas con los elementos de tensión y presión presentes en la cuenca, como la presencia de monocultivos, vertimientos que generan contaminación fisicoquímica, la homogeneización de los mesohábitats en los tramos estudiados, alta presión en los caudales que transitan en la fuente, lo cual conlleva a una baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos y la consecuente baja calidad biológica del agua.

- **Ictiofauna**

Los peces son componentes fundamentales de los ecosistemas acuáticos y para su adecuado funcionamiento y regulación, a través de las funciones de control biológico de especies y de regulación de la calidad del agua. La ictiofauna presta diferentes servicios ambientales como la provisión de alimento, servicios culturales, entre otros.

Para evaluar la ictiofauna, se obtuvo información proveniente de dos muestreos (época seca y de lluvias) en dos estaciones de la quebrada San Pedro (SP1 y SP2) en un gradiente altitudinal que permitiera considerar cambios en la composición y estructura del grupo a partir de la fisiografía y tipos de hábitat disponibles.

Se registraron 8 especies en la época seca y 4 en la época de lluvias (Tabla 2-45), para un total de 10 especies pertenecientes a 4 órdenes y 8 familias, representando el 10.8% de los registros para el alto Cauca (Ortega-Lara et al., 2022).

Tabla 2-45. Registro de especies de ictiofauna por estación y época climática para la quebrada San Pedro

Especie	Nombre común	Estación	
		Seca	Lluvias
<i>Brycon henni</i>	Sabaleta	SP1 – SP2 –	SP2
<i>Hemibrycon caucanus</i>	Sardina	SP1	-
<i>Astroblepus chapmani</i>			SP1
<i>Trichomycterus chapmani</i>	Guabino		SP2
<i>Chaetostoma leucomelas</i>	Corroncho	SP1	
<i>Hypostomus</i> sp.	Corroncho	SP2	SP2
<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Barbudo	SP2	-
<i>Andinoacara latifrons</i>	Mojarra luminosa	SP2	-
<i>Poecilia caucana</i>	Pipón	SP2	-
<i>Poecilia reticulata</i>	Gupy	SP2	-

En total se capturaron 181 individuos en las dos temporadas, en la época seca se capturaron 161 individuos, donde la especie más abundante para ambas estaciones fue la sardina (*Creagrutus*

brevipinnis) con 81 individuos, siendo la estación SP2 donde se presentó la mayor abundancia en general (137 individuos) (Figura 16).

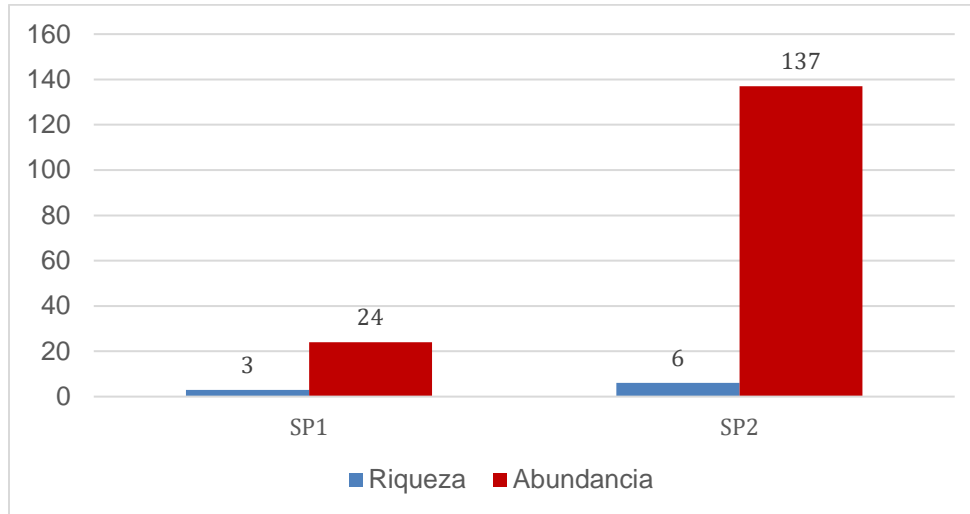


Figura 16. Valores de riqueza y abundancia de ictiofauna registrados en la quebrada San Pedro en periodo seco

En la época de lluvias, se capturaron 20 individuos para la quebrada San Pedro, donde la mayor abundancia coincidió con la estación de la primera temporada – SP2, con 16 individuos, (Figura 17).

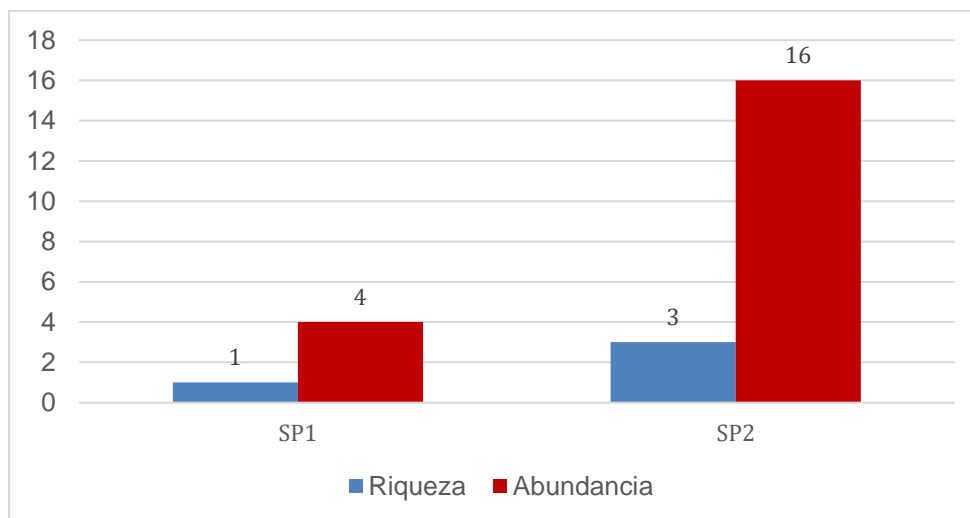


Figura 17. Valores de riqueza y abundancia de ictiofauna registrados en la quebrada San Pedro en periodo lluvias

- **Índices de diversidad**

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

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

Tabla 2-46. Valores del índice de diversidad de la ictiofauna para la temporada seca y lluviosa en la quebrada San Pedro

INDICES	TEMPORADA SECA		TEMPORADA LLUVIAS	
	SP1	SP2	SP1	SP2
Taxa_S	3	6	1	3
Individuals	24	137	4	16
Simpson_1-D	0,41	0,70	0,00	0,57
Shannon_H	0,74	1,41	0,00	0,95
Equitability_J	0,67	0,79		0,86

2.12 Índices de calidad y contaminación

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.

De acuerdo con lo anterior a continuación, se presentan los resultados para los índices de calidad y contaminación estimados para la quebrada San Pedro a partir de la información histórica recopilada entre los años 2017 y 2022 para las estaciones: Antes del corregimiento Angosturas (SP1), Bocatoma Acuavalle (No se monitoreo en las campañas 1 y 2 del proyecto) y Después del vertimiento de la PTAR del corregimiento Guayabal (SP3). Este análisis se realizará para tiempo seco y tiempo húmedo.

2.12.1 Índice de calidad de agua en corrientes superficiales (ICA)

2.12.1.1 ICA IDEAM

El ICA IDEAM (Figura 18) para el tiempo seco y lluvioso se presenta una calidad aceptable en las dos estaciones iniciales. Para el caso de la estación SP3 en calidad regular y la estación SP3 en calidad muy mala. Para el tiempo húmedo el comportamiento es muy similar al presentado para el tiempo seco, pero se observa que la calidad mejora levemente, lo cual puede estar asociado a una mayor dilución de contaminantes debido a los eventos de precipitación que se presentan en este tiempo.

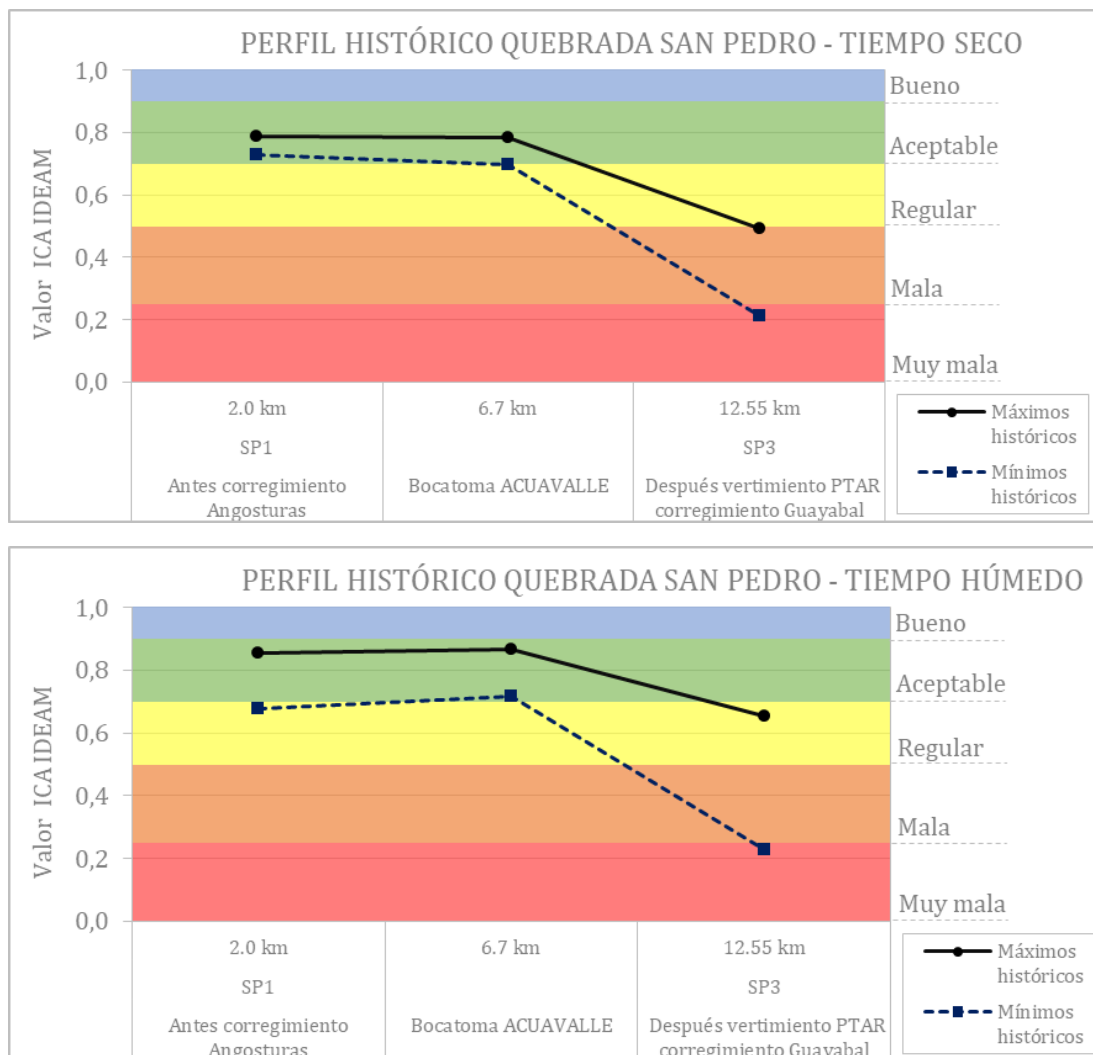


Figura 18. ICA IDEAM Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

2.12.1.2 ICA CETESB

En el caso de la quebrada San Pedro se cuenta con información de 8 constituyentes entre los años 2017 y 2022 que corresponden a OD, ST, DQO, PT, pH, coliformes fecales, turbiedad y temperatura. Se observa para el ICA CETESB que el comportamiento es similar al que se obtuvo para el ICA IDEAM, para el tiempo seco, tanto los resultados máximos como los mínimos, se obtuvo una mejor calidad para las dos estaciones de monitoreo iniciales, donde se obtuvo una clasificación “buena”, mientras que para la estación SP3 la calidad obtenida fue “mala” y “pésima”. En cuanto al tiempo húmedo se observa una mejora en la calidad del agua, especialmente para los valores máximos obtenidos en la estación SP3.

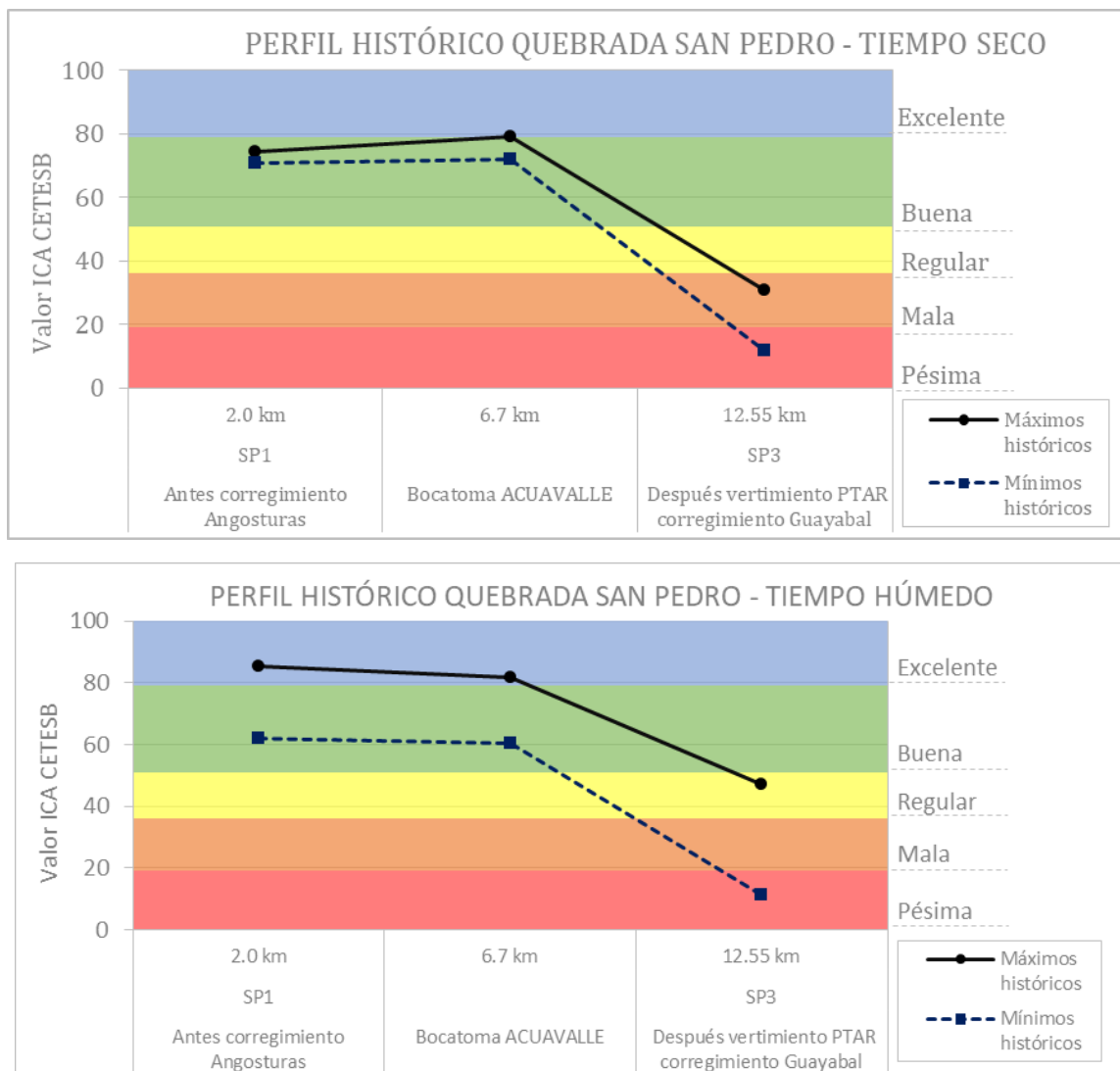


Figura 19. ICA CETESB Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

2.12.1.3 ICA DINIUS

En el caso de la quebrada San Pedro se contó con información para los 12 constituyentes entre los años 2017 y 2022. Se observa para el ICA DINIUS que, en el tiempo seco, la calidad se clasifica como regular tanto para los valores máximos como los mínimos, salvo para el valor mínimo de la estación SP3 donde la clasificación de la calidad fue “muy mala”. En cuanto al tiempo húmedo la calidad mejora levemente debido, posiblemente, a la dilución de contaminantes que ocurre en esta época.

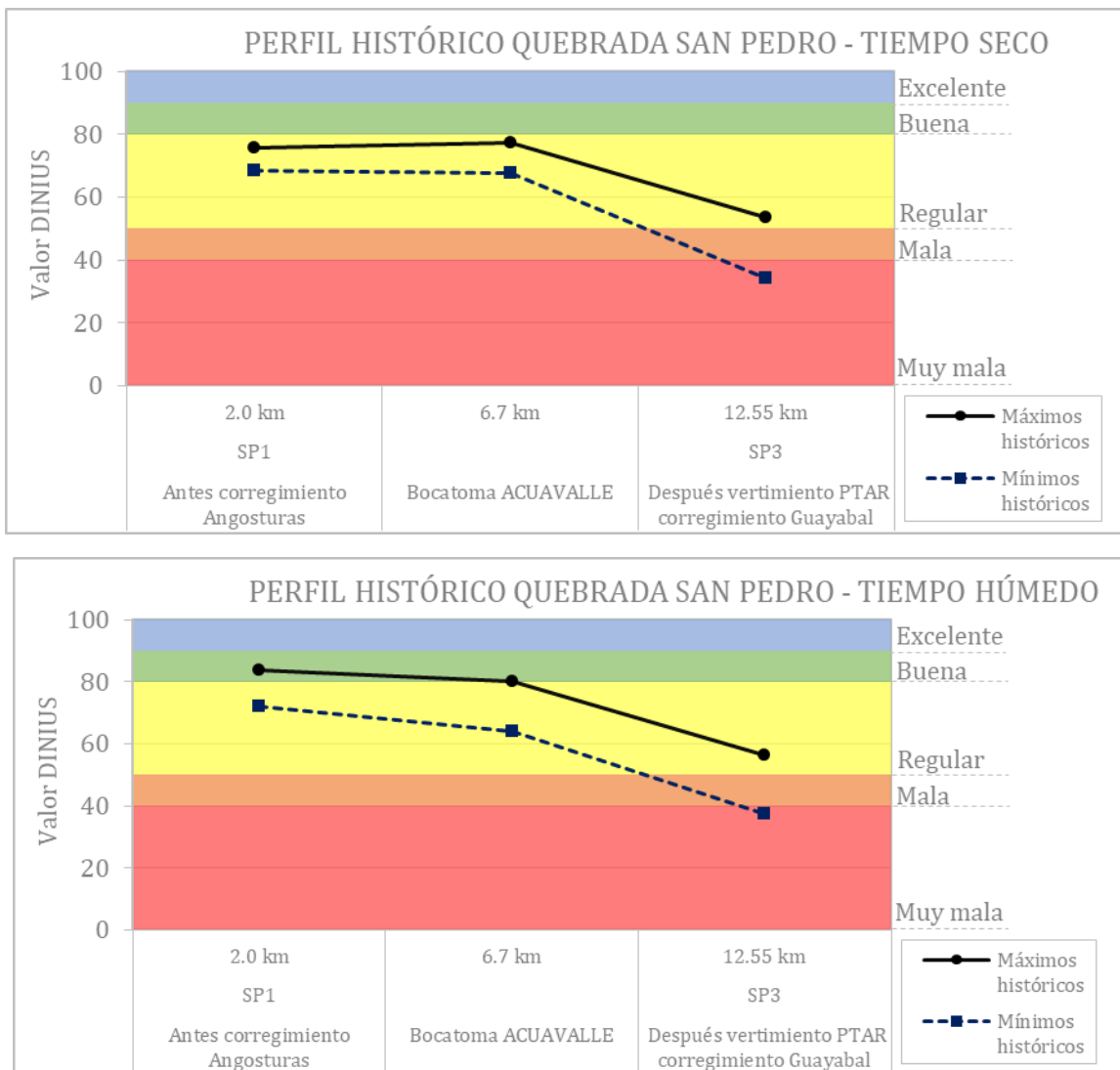


Figura 20. ICA DINIUS Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

2.12.2 Índices de contaminación (ICO's)

2.12.2.1 ICOMO

Para la estimación de este índice se utilizan 3 constituyentes, DBO, Coliformes totales y % saturación de oxígeno. En el caso de la quebrada San Pedro se contó con toda la información de los constituyentes entre los años 2017 y 2022. Se observa para este índice de contaminación unos resultados congruentes con los presentados anteriormente para los índices de calidad IDEAM, CETESB y DINIUS. En el caso del tiempo seco, la contaminación se clasifica como “muy baja” y “baja” para las dos primeras estaciones de monitoreo, mientras que para la estación SP3 la contaminación es “muy alta”, esto para los valores de contaminación máximos y mínimos estimados. Por otra parte, para la temporada húmeda se observa una disminución de la contaminación especialmente para los valores mínimo obtenidos.

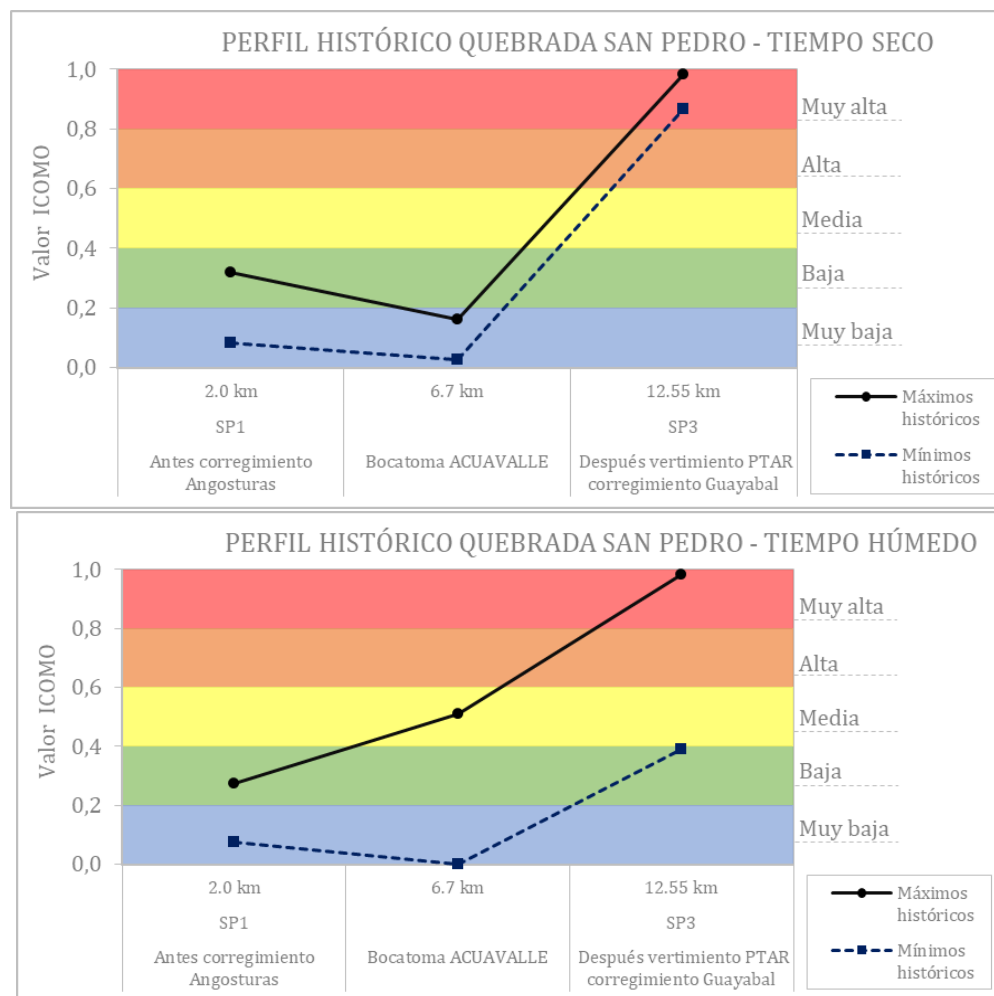


Figura 21. ICOMO Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

2.12.2.2 ICOTRO

En cuanto al índice de contaminación ICOTRO, se observa en la Tabla 2-47, que tanto para el tiempo seco como para el tiempo húmedo como la clasificación de máximos y mínimos históricos de las estaciones “Antes corregimiento Angosturas – SP1” y “Bocatoma ACUAVALLE” se encuentra clasificado como “eutrófico”, que se refiere a un cuerpo de agua en un estado natural de equilibrio en términos de nutrientes. Un cuerpo de agua eutrófico tiene niveles adecuados de nutrientes para soportar el crecimiento de plantas acuáticas y algas de manera saludable y sostenible. Por otro lado, para la estación “Después vertimiento PTAR corregimiento Guayabal – SP3” la clasificación obtenida, en su mayoría, fue “hipereutrófico” que se refiere a un cuerpo de agua que experimenta un exceso significativo de nutrientes, generalmente debido a la actividad humana, como la descarga de aguas residuales o el escurrimiento de fertilizantes agrícolas.

Tabla 2-47. Clasificación del índice de contaminación ICOMO de la quebrada San Pedro

Estación de monitoreo	ID	Abscisa (km)	Tiempo seco				Tiempo húmedo			
			Máximos		Mínimos		Máximos		Mínimos	
			Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Antes corregimiento Angosturas	SP1	2	0.12	E	0.09	E	0.10	E	0.07	E
Bocatoma ACUAVALLE		7.68	0.11	E	0.07	E	0.10	E	0.07	E
Después vertimiento PTAR corregimiento Guayabal	SP3	12.5	4.62	H	1.36	H	6.51	H	0.46	E

* O: Oligotrófico, M: Mesotrófico, E: Eutrófico, H: Hipereutrófico

Es importante recordar 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, hipereutrófico (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.

2.13 Perfiles de calidad del agua de la quebrada San Pedro

Se muestra en las gráficas siguientes la evolución multianual de los perfiles de calidad del agua. Los análisis para cada variable se realizan tanto para tiempo seco, que corresponde al monitoreo realizado en septiembre de 2022, como para tiempo húmedo que corresponde al monitoreo realizado en abril de 2023 y se presentan las figuras con la evolución temporal de las diferentes

variables que han sido analizadas sobre la corriente de la quebrada San Pedro entre los años 2017 y 2022 sobre todas las estaciones de monitoreo de las cuales se tiene información histórica.

2.13.1 Perfiles de calidad multianual en la estación “Antes del corregimiento Angosturas – SP1”

El pH (Figura 22) presenta un bajo rango de variación en los años monitoreados, se observan valores entre 6 y 9 unidades de pH, lo cual corresponde a valores esperados sobre una corriente de agua. Por otro lado, la turbiedad (Figura 23) presentó dos picos de 8 UNT y 6 UNT para los años 2019-I y 2022 respectivamente, mientras que, para los demás años de monitoreo, los valores se mantuvieron por debajo de 2 UNT.



Figura 22. Evolución temporal del pH – Estación SP1

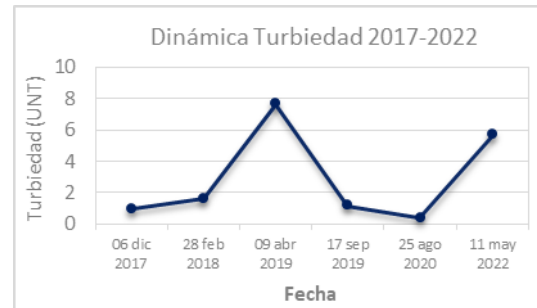
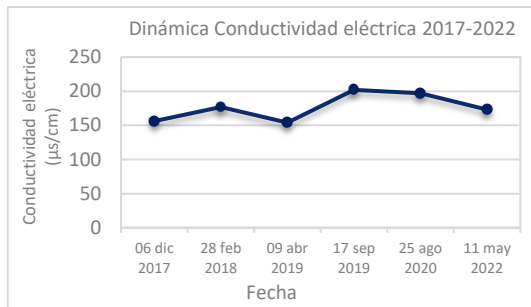


Figura 23. Evolución temporal de la turbiedad – Estación SP1

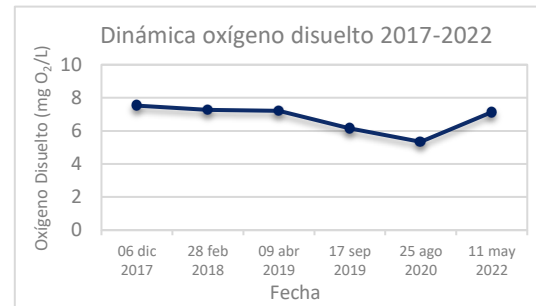
En cuanto a la conductividad (Figura 24 - A), esta variable presentó valores entre 150 y 200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para todos los años que han sido monitoreados. Se observa entonces una conductividad estable a lo largo de los últimos años.

La evolución temporal del Oxígeno Disuelto (Figura 24- B) y de la DBO_5 (Figura 24- C) en esta estación ha mostrado la relación inversa esperada, mientras, la DBO_5 aumenta el Oxígeno Disuelto disminuye. Los valores de Oxígeno Disuelto para las campañas realizadas en los años 2017, 2018, la primera campaña de 2019 y 2022, mostró valores similares, lo mismo ocurrió con la DBO_5 , durante este mismo periodo de tiempo y para los años 2019 segunda campaña y 2020, presentaron un leve cambio. Es importante mencionar que, para la DBO_5 la mayoría de los valores monitoreados se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico de laboratorio.

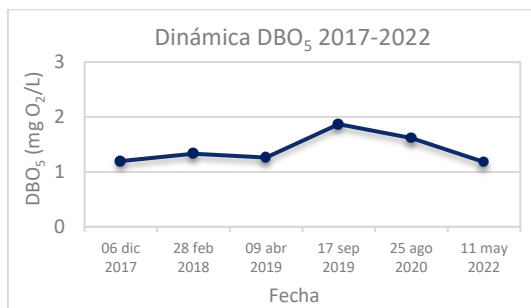
Por otro lado, la DQO muestra un valor de 47.33 mg/L que corresponde al valor máximo monitoreado entre 2017 y 2022. Mientras que para los demás años se observaron valores cercanos a 20 mg/L o menores a este valor. Igual que para la DQO, la mayoría de los valores monitoreados se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico de laboratorio (Figura 24 - D).



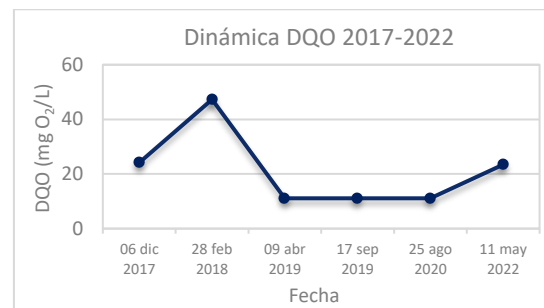
(A) Evolución temporal de la conductividad



(B) Evolución del oxígeno disuelto



(C) Evolución temporal de los DBO₅



(D) Evolución temporal de los DQO

Figura 24. Análisis comparativo de los parámetros de (A) conductividad, (B) oxígeno disuelto, (C) DBO₅, y (D) DQO - Estación SP1

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST) (Figura 25), se observó un valor de <math><11.6 \text{ mg/L}</math> para todos los años monitoreados, que corresponde al límite de cuantificación del método analítico de laboratorio, lo cual indica que, para todos los años monitoreados, las concentraciones de SST para la estación Angosturas – SP1 son bajas.

Por otro lado, para los sólidos totales (ST) (Figura 26), entre los años 2017 y 2019 se presentaron concentraciones entre 118 y 140 mg/L, valores que disminuyeron en los años 2020 y 2022 donde se obtuvo una concentración de 104 y 80 mg/L respectivamente.

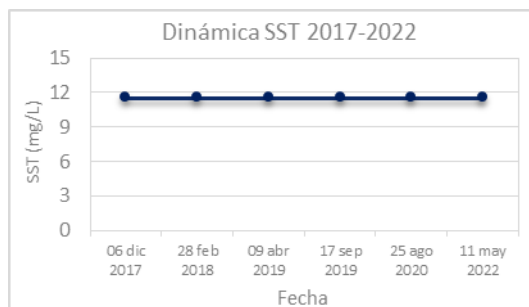


Figura 25. Evolución temporal de los SST – Estación SP1



Figura 26. Evolución temporal de los ST – Estación SP1

Para el caso de la dureza total (Figura 27), se observa un comportamiento similar al observado para los sólidos totales (ST), valores entre 60 y 80 mg/L entre los años 2017 y 2020, mientras que para el último año de monitoreo (2022) la concentración se redujo a 16.2 mg/L. En cuanto a la alcalinidad (Figura 28) se observaron concentraciones entre 70 y 122 mg/L, lo que muestra un comportamiento estable a lo largo de los últimos años.

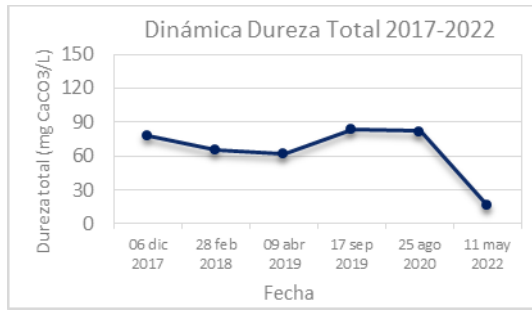


Figura 27. Evolución temporal dureza total – Estación SP1

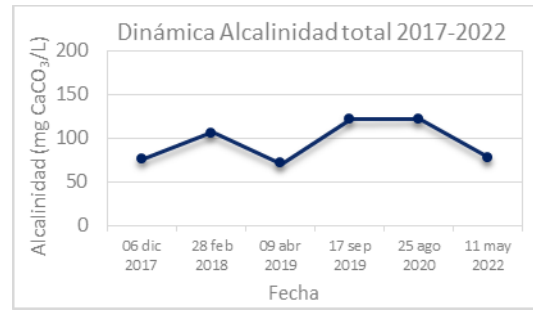


Figura 28. Evolución temporal alcalinidad – Estación SP1

En la Figura 29 se muestra la concentración del fósforo total, donde se observaron valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico de laboratorio para la mayoría de los monitoreos realizados. Por otro lado, los cloruros (Figura 30) presentaron concentraciones por debajo de los 4 mg/L para la mayoría de los años monitoreados, salvo para el año 2018 donde se presentó el valor más alto, que corresponde a 7 mg/L.

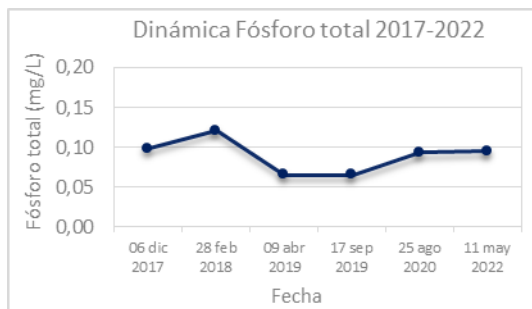


Figura 29. Evolución temporal fósforo total – Estación SP1

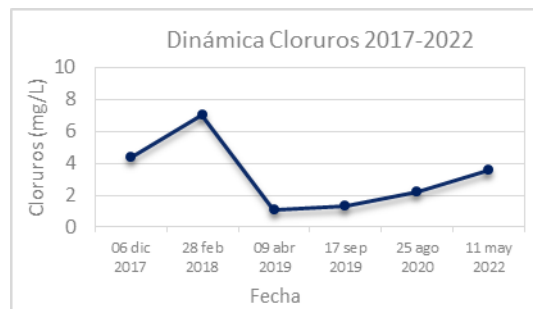


Figura 30. Evolución temporal cloruros – Estación SP1

Finalmente, se presenta en la Figura 31 el comportamiento entre los años 2017 y 2022 para los coliformes fecales, se observaron bajas concentraciones para la mayoría de los años monitoreados, salvo para el año 2019-II, donde se presentó un pico de concentración de 4.3×10^3 UFC/100 MI.



Figura 31. Evolución temporal de los patógenos – Estación SP1

2.13.2 Perfiles de calidad multianual en la estación “Bocatoma de ACUAVALLE”

El pH (Figura 32) presenta un bajo rango de variación en los años monitoreados, se observan valores entre 8 y 9 unidades de pH, lo cual corresponde a valores esperados sobre una corriente de agua. Por otro lado, la turbiedad (Figura 33) presentó dos picos de 16 UNT y 9 UNT para los años 2018 y 2019-I respectivamente, mientras que, para los demás años de monitoreo, los valores se mantuvieron por debajo de 6.8 UNT.



Figura 32. Evolución temporal del pH – Estación Bocatoma ACUAVALLE

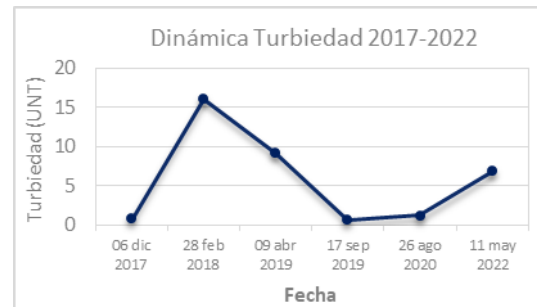
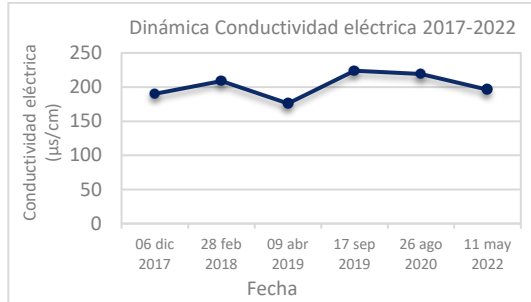


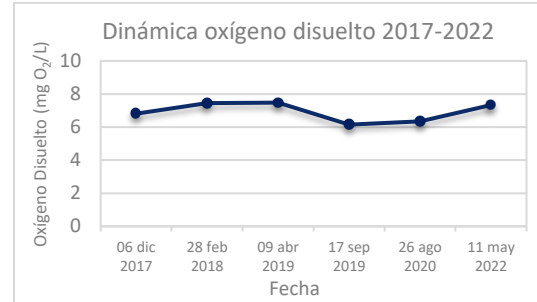
Figura 33. Evolución temporal de la turbiedad – Estación Bocatoma ACUAVALLE

En cuanto a la conductividad (Figura 34- A), esta variable presentó valores entre 170 y 225 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para todos los años que han sido monitoreados. Se observa entonces una conductividad estable a lo largo de los últimos años. La evolución temporal del Oxígeno Disuelto (Figura 34- B) muestra valores entre 6 y 8 mg/L entre los años 2017 y 2022. Se observaron valores altos que permiten el desarrollo de la vida acuática y los organismos que requieren oxígeno para su desarrollo. En cuanto a la DBO₅ (Figura 34- C) se presentaron valores por debajo de 2 mg/L para todos los años monitoreados, salvo para el año 2019-I donde se presentó el valor máximo de 7.48 mg/L. Se observa que la concentración de esta variable para todos los años de monitoreo es baja. La DQO (Figura 34- D) muestra un valor de 30 y 66 mg/L para los años 2017 y 2018 respectivamente, que corresponde a los valores máximos. Mientras que entre los años 2019 y 2022, las

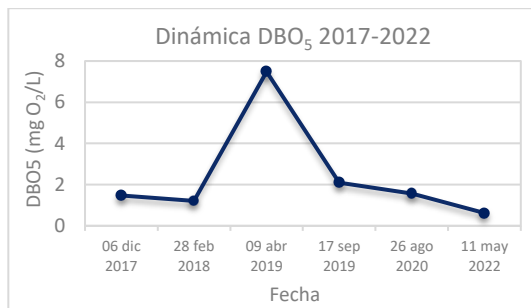
concentraciones se encontraron por debajo de 20 mg/L, los valores monitoreados se encuentran por debajo del límite de cuantificación del método analítico de laboratorio.



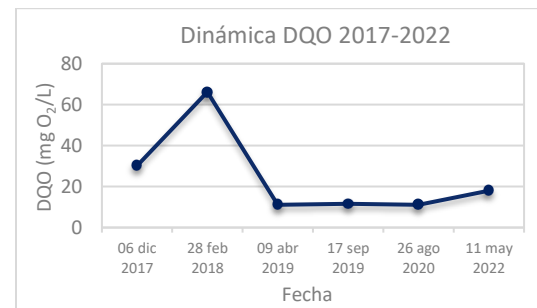
(A) Evolución temporal conductividad disuelto



(B) Evolución temporal del oxígeno disuelto



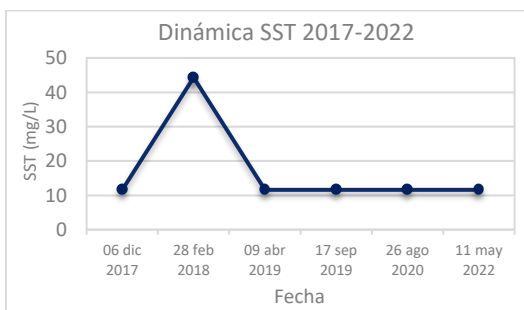
(C) Evolución temporal de los DBO₅



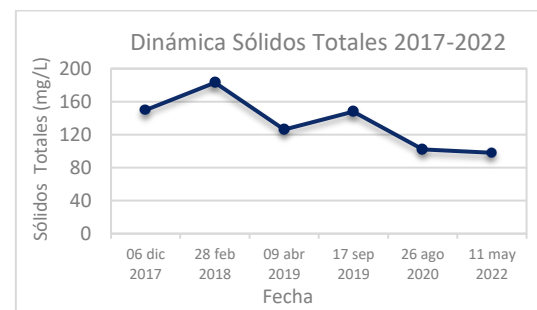
(D) Evolución temporal de los DQO

Figura 34. Análisis comparativo de los parámetros de (A) conductividad, (B) oxígeno disuelto, (C) DBO₅, y (D) DQO – Estación Bocatoma ACUAVALLE

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST) (), se observó un valor de <math><11.6\text{ mg/L}</math> para la mayoría de los años monitoreados, que corresponde al límite de cuantificación del método analítico de laboratorio, mientras que para el año 2018 se observó el valor más alto que corresponde a 44.3 mg/L. Por otro lado, para los sólidos totales (ST) (Figura 37), se observa un comportamiento general decreciente, mostrando unos picos en los años 2018 y 2019-II, y un valor mínimo en el año 2022 que corresponde a 98 mg/L.



(A) Evolución temporal de los SST



(B) Evolución temporal de los ST

Figura 35. Análisis comparativo de los parámetros de la dinámica de sólidos suspendidos totales y sólidos totales en la estación bocatoma de ACUAVALLE

Para el caso de la dureza total (Figura 36), se observa un comportamiento decreciente, el valor en el año 2017 fue de 110 mg/L y para el último año diferente se obtuvo un valor de 71.5 mg/L. En cuanto a la alcalinidad (Figura 37) se observa un comportamiento creciente y decreciente con concentraciones entre 81 y 133 mg/L.

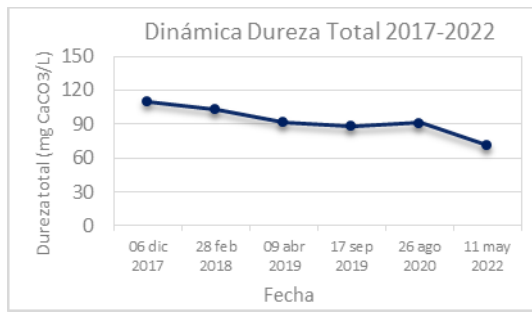


Figura 36. Evolución temporal dureza total – Estación Bocatoma ACUAVALLE

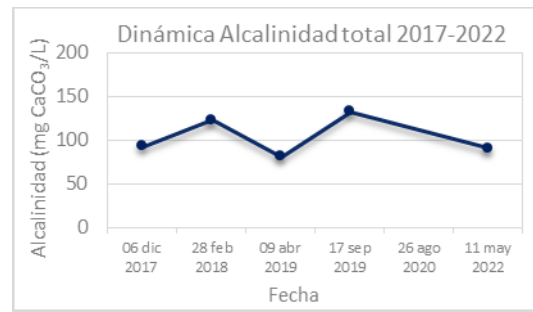


Figura 37. Evolución temporal alcalinidad – Estación Bocatoma ACUAVALLE

En la Figura 38 se muestra la concentración del fósforo total, donde se observaron valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico de laboratorio para la mayoría de los monitoreos realizados, salvo para el año 2017 en donde la concentración fue de 0.11 mg/L. Por otro lado, los cloruros (Figura 39) presentaron concentraciones por debajo de los 2.14 mg/L para la mayoría de los años monitoreados, salvo para el año 2018 donde se presentó el valor más alto, que corresponde a 5.39 mg/L.

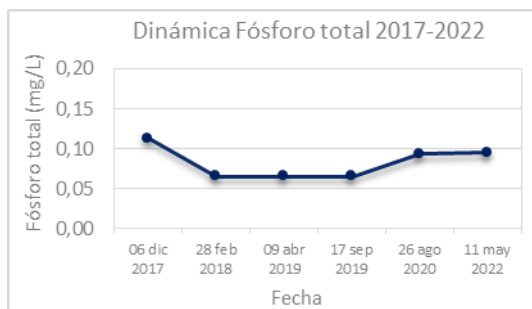


Figura 38. Evolución temporal fósforo total – Estación Bocatoma ACUAVALLE

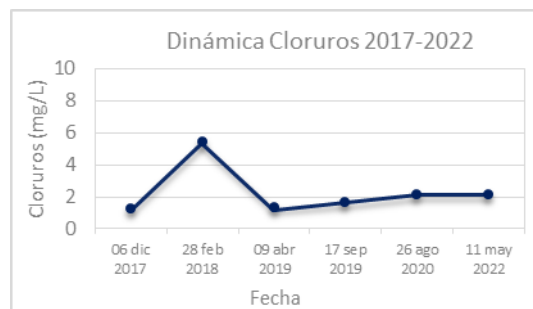


Figura 39. Evolución temporal cloruros – Estación Bocatoma ACUAVALLE

Finalmente, se presenta en la Figura 40 el comportamiento entre los años 2017 y 2022 para los coliformes fecales, se observaron bajas concentraciones para la mayoría de los años monitoreados, salvo para el año 2019-I, donde se presentó un pico de concentración de 2×10^4 UFC/100 MI.

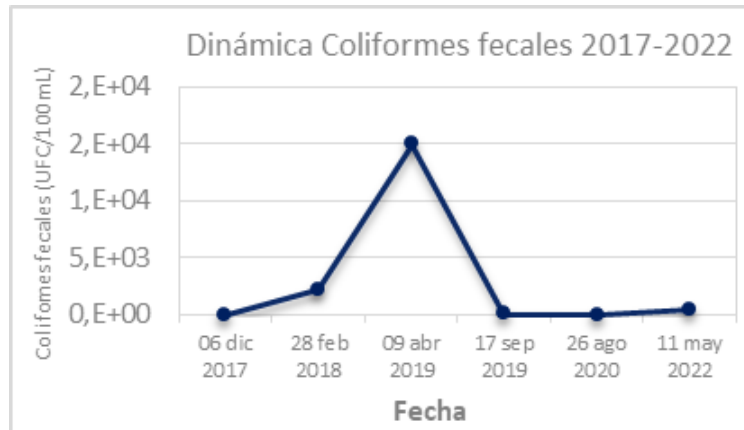


Figura 40. Evolución temporal de los patógenos – Estación Bocatoma ACUAVALLE

2.13.3 Perfiles de calidad multianual en la estación “Después del vertimiento PTAR corregimiento Guayabal – SP3”

Se presentan a continuación las figuras con la evolución temporal de las diferentes variables que han sido monitoreadas sobre la corriente de la quebrada San Pedro entre los años 2017 y 2022 para la estación de monitoreo “Después vertimiento PTAR corregimiento Guayabal – SP3”

El pH (Figura 41) presenta un bajo rango de variación en los años monitoreados, se observan valores entre 6 y 9 unidades de pH, lo cual corresponde a valores esperados sobre una corriente de agua. Por otro lado, la turbiedad (Figura 42) presentó dos picos de 170 UNT y 150 UNT para los años 2019 y 2020 respectivamente, mientras que, para los demás años de monitoreo, los valores se mantuvieron por debajo de 50 UNT.



Figura 41. Evolución temporal del pH – Estación SP3

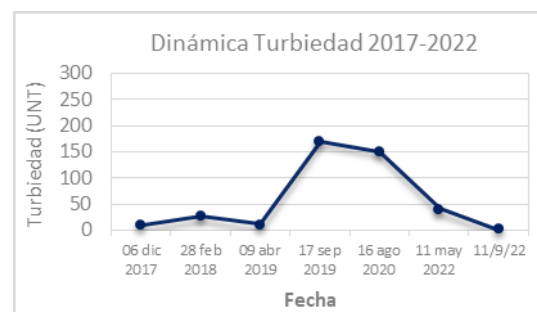


Figura 42. Evolución temporal de la turbiedad – Estación SP3

En cuanto a la conductividad (Figura 43), esta variable presentó valores alrededor de 600 $\mu\text{s}/\text{cm}$ para todos los años que han sido monitoreados. La evolución temporal del Oxígeno Disuelto (Figura 44) muestra una concentración bastante variable a lo largo de los años evaluados, concentraciones que van desde 0.39 hasta 7.66 mg/L.

En cuanto a la DBO₅ (Figura 45), igual que para el oxígeno disuelto, se presentaron valores entre 1.75 y 552 mg/L para los años monitoreados, se observa que para los años de mayor concentración de DBO₅ la concentración de oxígeno disuelto fue la más baja. Por otro lado, la DQO (Figura 46) presentó el mismo comportamiento que la DBO₅ donde la concentración estuvo entre 11.6 y 866 mg/L.

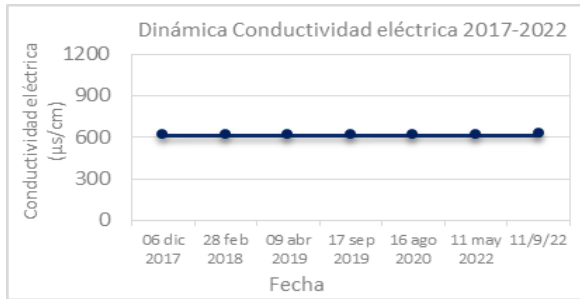


Figura 43. Evolución temporal conductividad – Estación SP3



Figura 44. Evolución temporal del oxígeno disuelto – Estación SP3

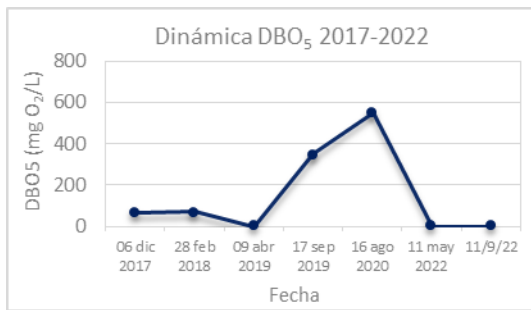


Figura 45. Evolución temporal de los DBO₅ – Estación SP3

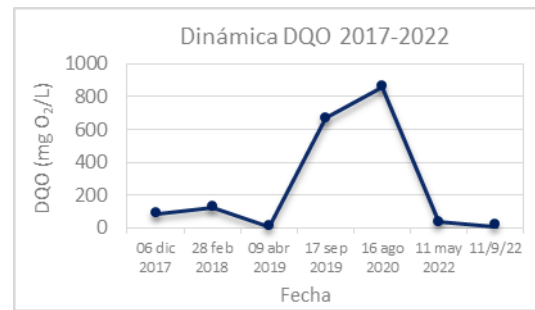


Figura 46. Evolución temporal de los DQO – Estación SP3

En cuanto a los sólidos suspendidos totales (SST) (Figura 47), se observaron valores por debajo de los 62 mg/L para todos los años monitoreados salvo para el año 2019 y 2020 donde se presentaron los picos máximos de concentración que corresponden a 300 y 695 mg/L. Por otro lado, para los sólidos totales (ST) (Figura 48), se presentó el mismo comportamiento, valores por debajo de 279 mg/L para todos los años monitoreados, y para los años 2019 y 2020 concentraciones de 843 y 1010 mg/L.

Para el caso de la dureza total (Figura 49), se observa un comportamiento con valores entre 87 y 183 mg/L para todos los años de monitoreo. En cuanto a la alcalinidad (Figura 50) se observaron concentraciones por debajo de 172 mg/L para todos los años de monitoreo, salvo para los años 2019 y 2020 donde la concentración fue de 391 y 464 mg/L.



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca



Figura 47. Evolución temporal de los SST – Estación SP3



Figura 48. Evolución temporal de los ST – Estación SP3

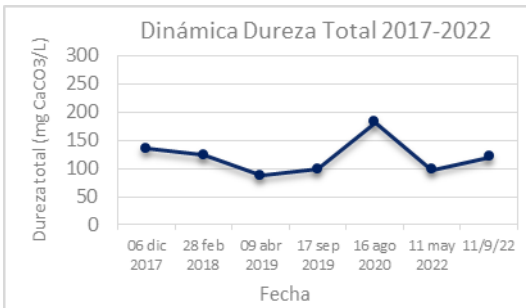


Figura 49. Evolución temporal dureza total – Estación SP3



Figura 50. Evolución temporal alcalinidad – Estación SP3

En la Figura 51 se muestra la concentración del fósforo total, donde se observaron valores por debajo de 0.11 mg/L para todos los años de monitoreo. Mientras que para el caso del nitrógeno total (Figura 52) sólo se realizó un monitoreo en el año 2022 y corresponde a 4 mg/L.

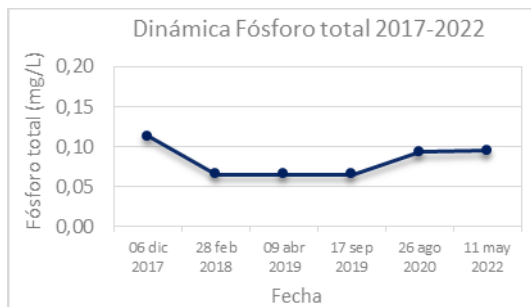


Figura 51. Evolución temporal fósforo total – Estación SP3

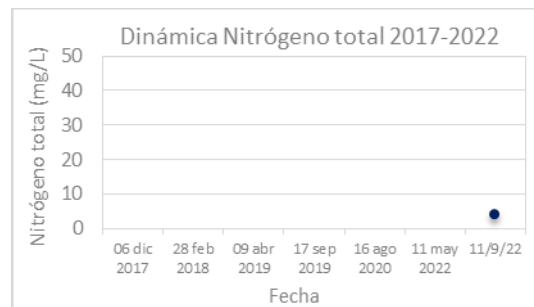


Figura 52. Evolución temporal nitrógeno total – Estación SP3

Por otro lado, los cloruros (Figura 53) presentaron concentraciones por debajo de los 20 mg/L para la mayoría de los años monitoreados, salvo para los años 2019 y 2020 donde se presentaron los valores más altos, que corresponden a 72 y 74 mg/L respectivamente. Finalmente, se presenta en la Figura 54 el comportamiento entre los años 2017 y 2022 para los coliformes fecales, se observaron bajas concentraciones para la mayoría de los años monitoreados, salvo, nuevamente, para los años 2019 y 2020 donde se observaron las concentraciones máximas.



Figura 53. Evolución temporal cloruros – Estación SP3



Figura 54. Evolución temporal patógenos – Estación SP3

2.13.4 Perfiles de calidad longitudinal en la quebrada San Pedro

El oxígeno disuelto (Figura 55) para el tiempo seco presentó valores entre 5 y 7.5 mg/L para todos los datos analizados, tanto históricos como para la información de campaña 1, con una excepción para la estación “Después del vertimiento de la PTAR del corregimiento Guayabal (SP3)” donde se observó que el máximo histórico corresponde a 2.4 mg/L y el mínimo histórico corresponde a 0.4 mg/L. De la misma manera, el tiempo húmedo presentó concentraciones de oxígeno disuelto entre 6.15 y 7.66 mg/L para los históricos y los datos obtenidos en campaña 2; salvo para la estación SP3 donde se presentaron las concentraciones históricas mínimas más bajas.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO₅ (Figura 56) presentó el mismo comportamiento tanto en tiempo seco como en tiempo húmedo, valores más bajos en las primeras tres (3) estaciones de monitoreo, tanto en los datos históricos como en los obtenidos en las campañas 1 y 2, mientras que para la estación de monitoreo “Después del vertimiento de la PTAR del corregimiento Guayabal (SP3)” la concentración máxima en tiempo seco fue de 552 mg/L y en tiempo húmedo de 348 mg/L.



Figura 55. Perfil longitudinal del oxígeno disuelto en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

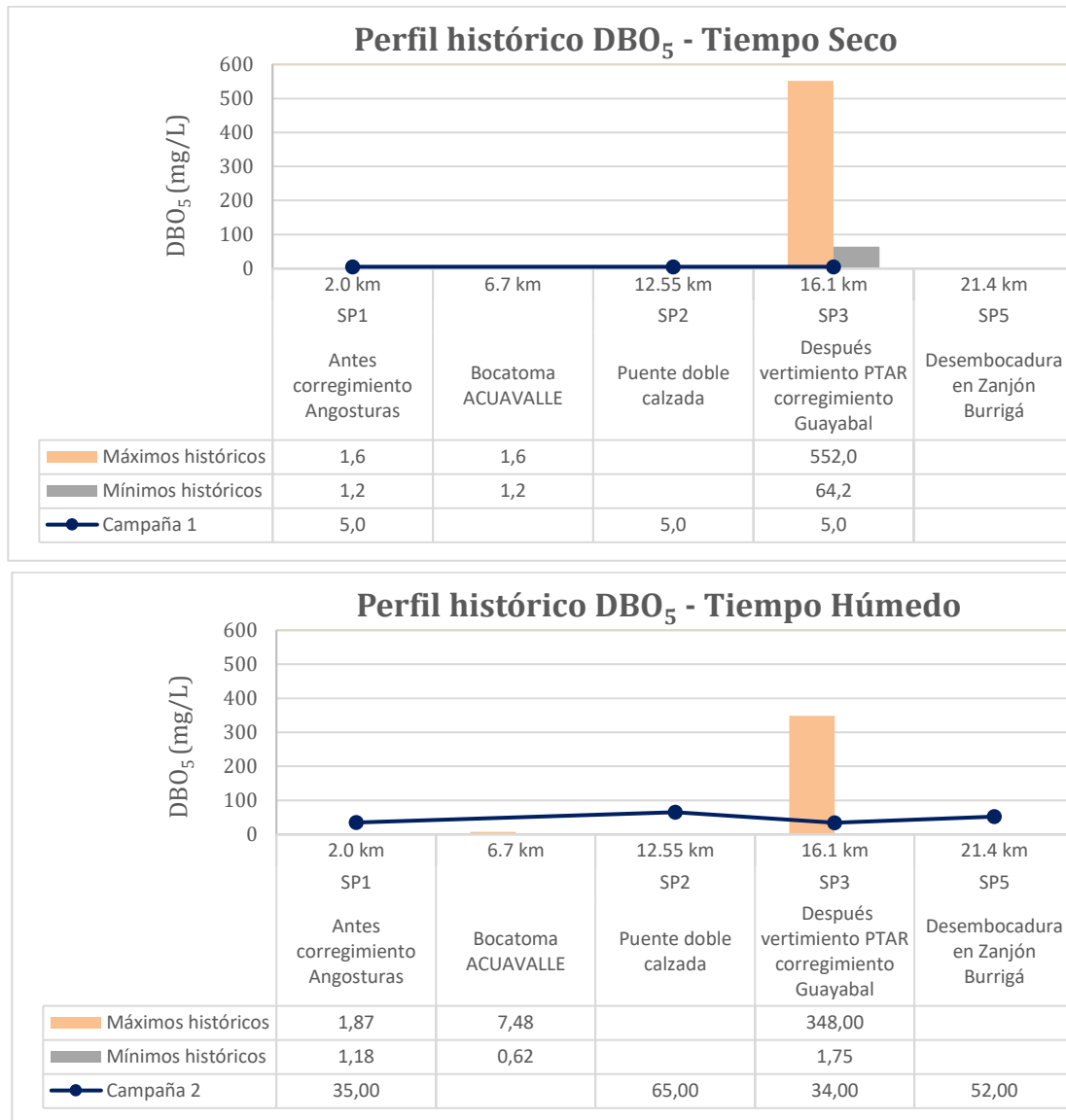


Figura 56. Perfil longitudinal de la DBO₅ en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

Finalmente, los coliformes fecales (Figura 57) muestra el mismo comportamiento que la mayoría de los constituyentes analizados, concentraciones más bajas para las tres primeras estaciones monitoreadas y para la última, antes de la desembocadura en el zanjón Burrigá, mientras que la estación de monitoreo “Después del vertimiento de la PTAR del corregimiento Guayabal (SP3)” presentó la mayor concentración histórica de coliformes fecales tanto en el tiempo seco como en el tiempo húmedo.

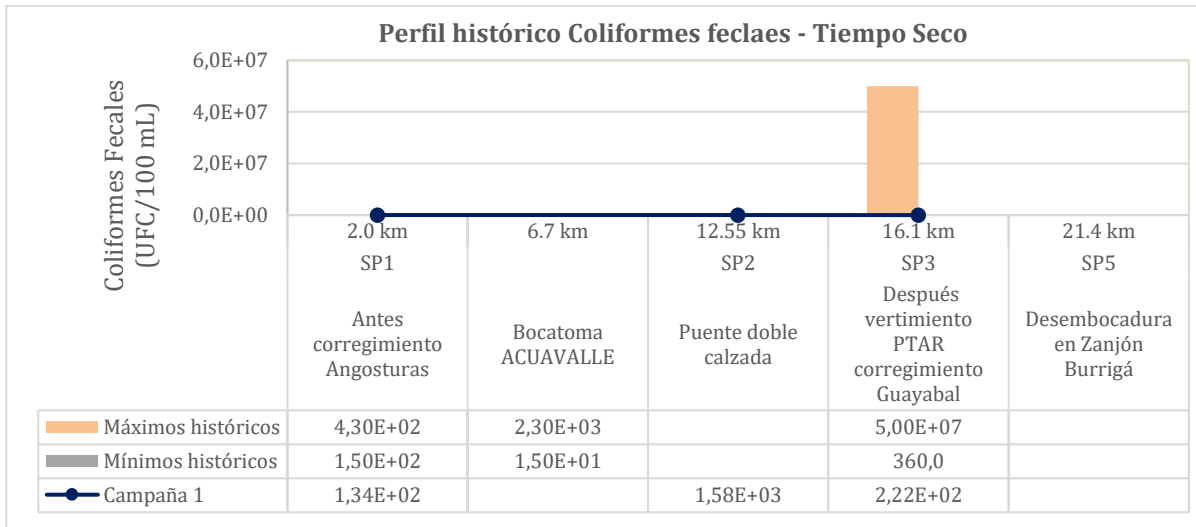


Figura 57. Perfil longitudinal de las coliformes fecales en la Quebrada San Pedro – Tiempo seco vs. Tiempo húmedo

3 Fase III. Identificación de usos potenciales: Prospectiva

3.1 Proyección de la demanda total de agua

Las proyecciones de demanda doméstica (DUD) para el año 2042 se estiman en el acueducto de Acuavalle de 41,51 L/s y para el acueducto de Los Chancos de 1,66 L/s (Figura 58).

En cuanto a las proyecciones pecuarias se estima para el año 2042 un consumo total de 195,6 L/s (Figura 59)



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

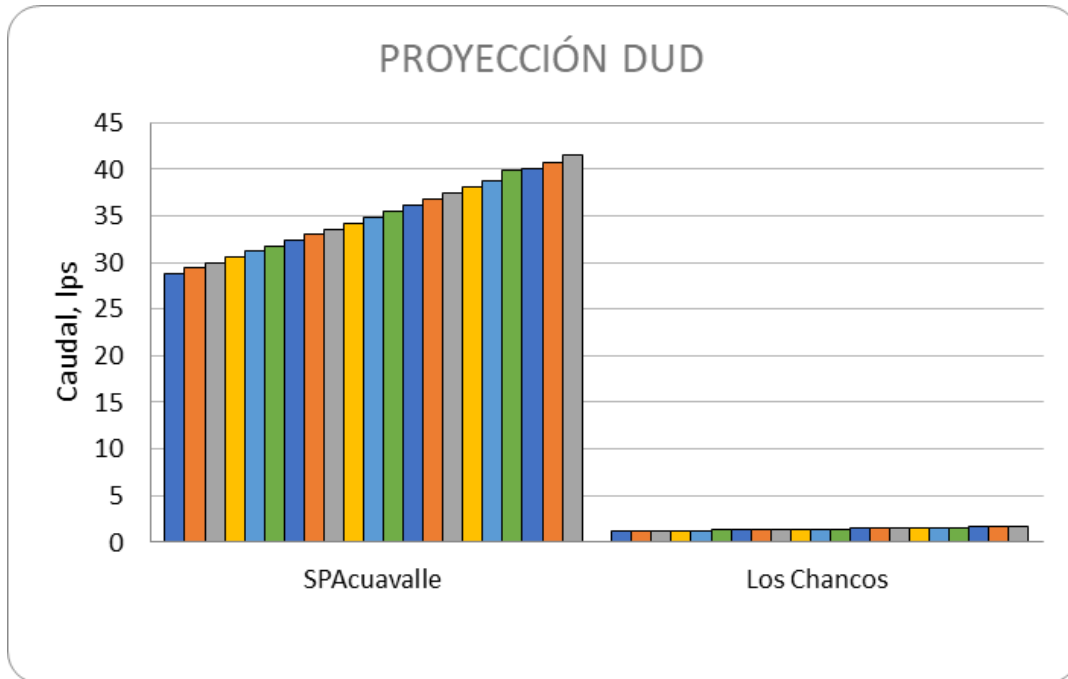


Figura 58. Proyección de la demanda de agua para uso doméstico (DUD)

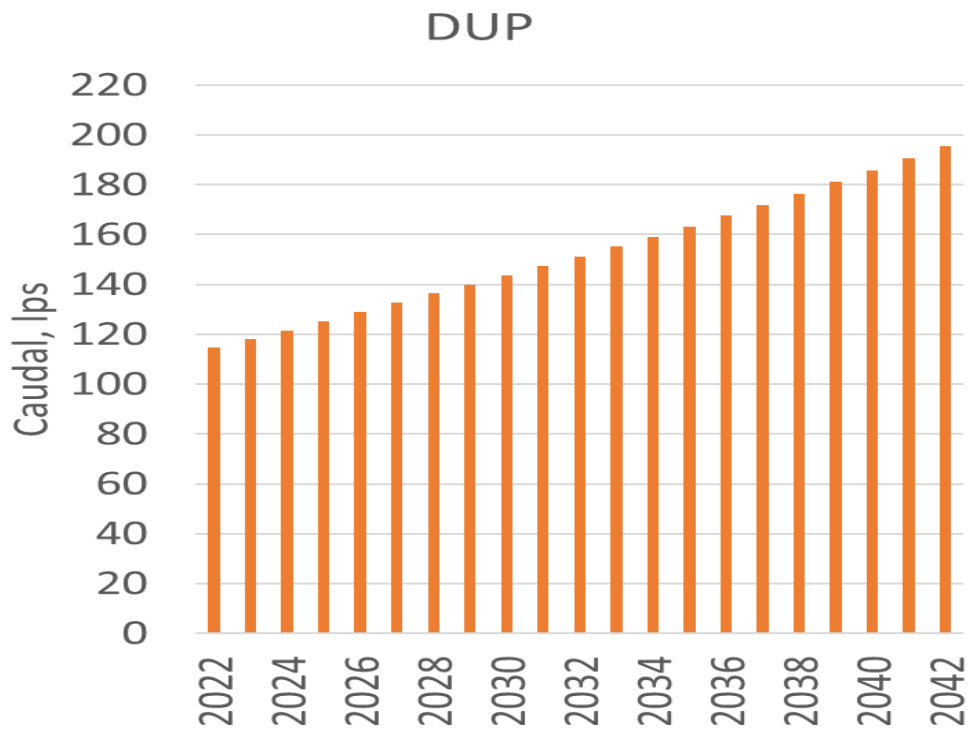


Figura 59. Proyección de la demanda de agua para uso pecuaria (DUP)

Por otro lado, las proyecciones agrícolas se aproximan a 1,40 L/s (Figura 60)

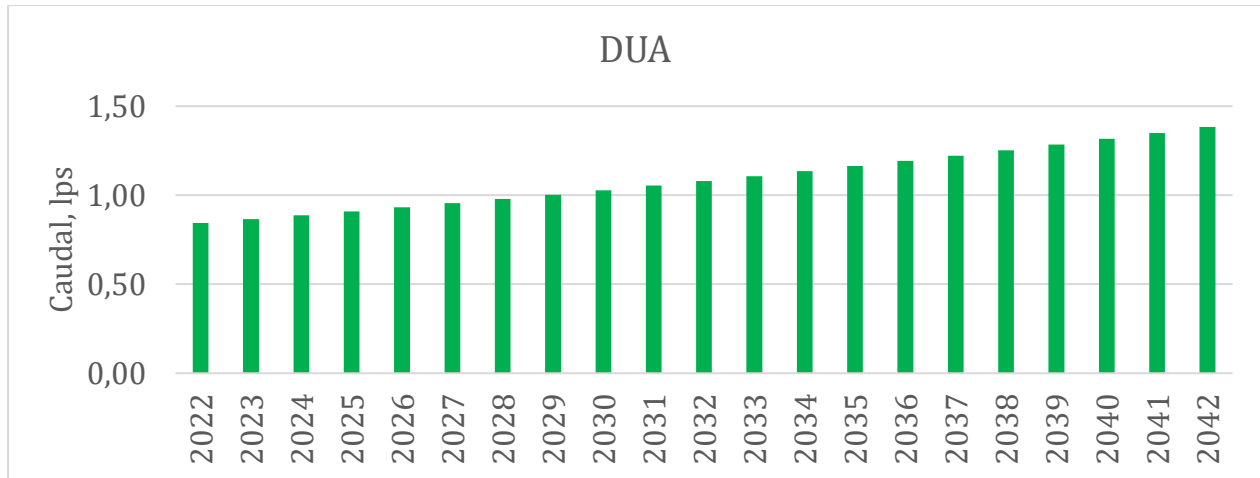


Figura 60. Proyección de la demanda para uso agrícola

En cuanto a la demanda industrial sobrepasa los 2 L/s (Figura 61).

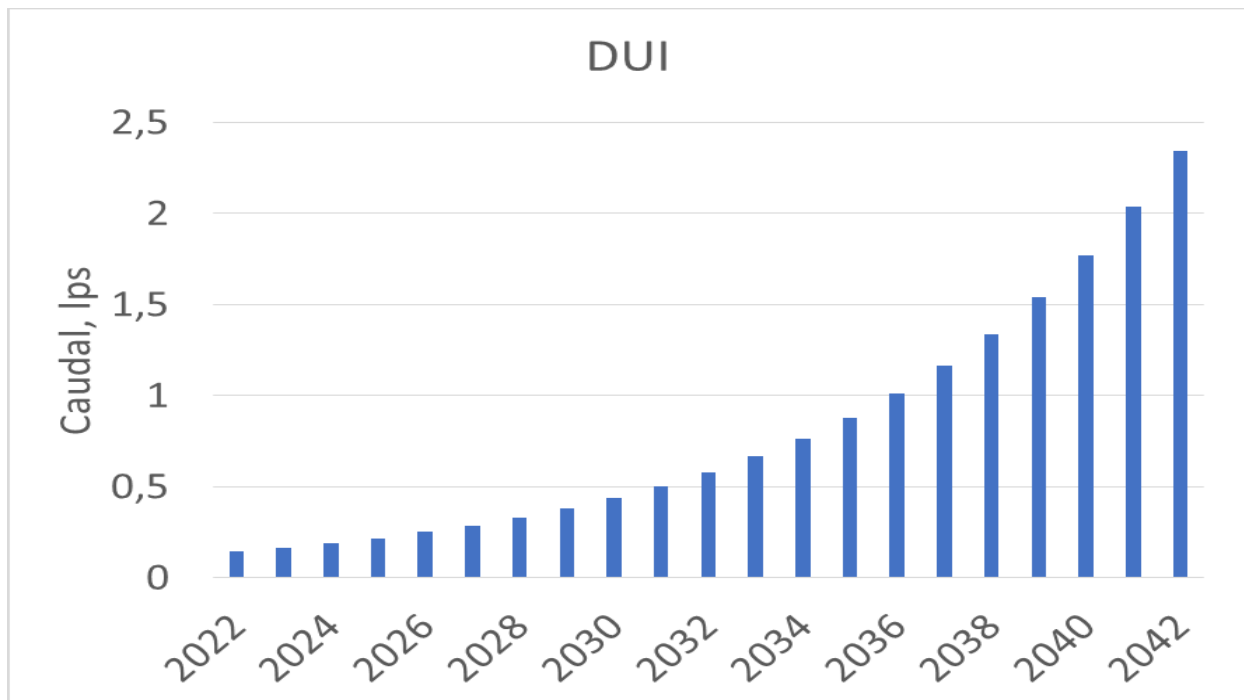


Figura 61. Proyección de la demanda para uso industrial

3.2 Modelación de la calidad del agua

En el PORH la aplicación de los modelos de calidad constituye una herramienta fundamental para la planeación y simulación de diferentes escenarios de calidad del agua. No obstante, la utilidad de estos modelos depende de la aplicación de un riguroso protocolo de modelación.

El protocolo de modelación seguido en este estudio tomó como referencia el propuesto en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico Superficial Continental del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Este es un protocolo simplificado como marco recomendado para efectuar los procesos de modelación de calidad de agua superficial de manera efectiva.

Para cumplir con este objetivo, en el marco del convenio 245 del 12 de noviembre de 2021, se llevaron a cabo dos campañas de monitoreo sobre diferentes puntos a lo largo del río, incluyendo tributarios, vertimientos, e identificación de captaciones y otras fuentes de extracción o aporte de agua y contaminantes. Los datos obtenidos de estas campañas se utilizaron para alimentar el modelo matemático Qual2Kw, el aportará resultados gráficos y numéricos que permitirán a la CVC tomar decisiones sobre actividades planificadas en el cuerpo de agua en el corto, mediano y largo plazo.

Se presenta a continuación, la estructura conceptual o esquema para la modelación de la calidad del agua de la quebrada San Pedro, donde se presenta la identificación de cada punto de interés, así como el nombre, la ubicación y la distancia a la que se encuentra respecto al nacimiento (Tabla 3-1, Figura 62).

Tabla 3-1. Esquematización de la quebrada San Pedro

Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
Nacimiento	-	Nacimiento	0.00	928938,83 58	1099927,979
Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	930636,34 32	1099552,825
Afluente	A1	Quebrada La China	2.01	930639,54 89	1099676,231
Afluente	A2	Quebrada El Bosque	2.60	931131,07 4	1099675,697
Afluente	A3	Quebrada Chungular	3.65	931765,78 4	1098564,342
Afluente	A4	Quebrada Ultima Copa	3.73	931821,08 04	1098564,283
Afluente	A5	Quebrada Arenosa	4.53	932211,22 74	1098563,863
Afluente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87	933052,96 21	1098562,957
Afluente	A7	Zanjón del Muerto	6.51	933500,28 59	1097451,833
Afluente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62	934342,01 85	1097450,934
Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	934366,60 46	1097460,163

Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	934489,41 93	1097398,33
Vertimiento	V1	Finca potrerillo	9.76	934291,48 08	1096145,999
Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34	934014,67 87	1095840,868
Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	933596,18 62	1094876,908
Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	933945,48 75	1094298,401
Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	934179,86 69	1094284,893
Punto de Monitoreo	SP2	Puente doble calzada	12.46	934191,21 83	1094270,382
Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	934182,22 9	1094489,431
Vertimiento	V6	Usuario directo Norberto Mejía	12.73	934418,42 78	1094156
Vertimiento	V7	Usuario directo Don Mario	12.74	934427,66 29	1094174,501
Vertimiento	V8	Usuario directo sector Guayabal	12.76	934470,77 61	1094276,263
Vertimiento	V9	Usuario directo sector Guayabal	12.77	934458,37 33	1094165,214
Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal – Corregimiento Guayabal	13.79	935283,08 16	1093748,808
Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	936231,67 45	1091908,253
Afluente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	939305,62 46	1087715,892
Punto de Monitoreo	SP5	Antes Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	937603,17 63	1087109,82
Punto final	-	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	928938,83 58	1099927,979

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

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

La definición de tramos de análisis se realizó considerando las áreas del cuerpo de agua que se consideran homogéneas en términos hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico, de usos del agua y del suelo y/o de la calidad del recurso hídrico. De acuerdo con esto, a continuación, en la Tabla 3-2 se presenta la definición de los tramos de análisis de la quebrada San Pedro.

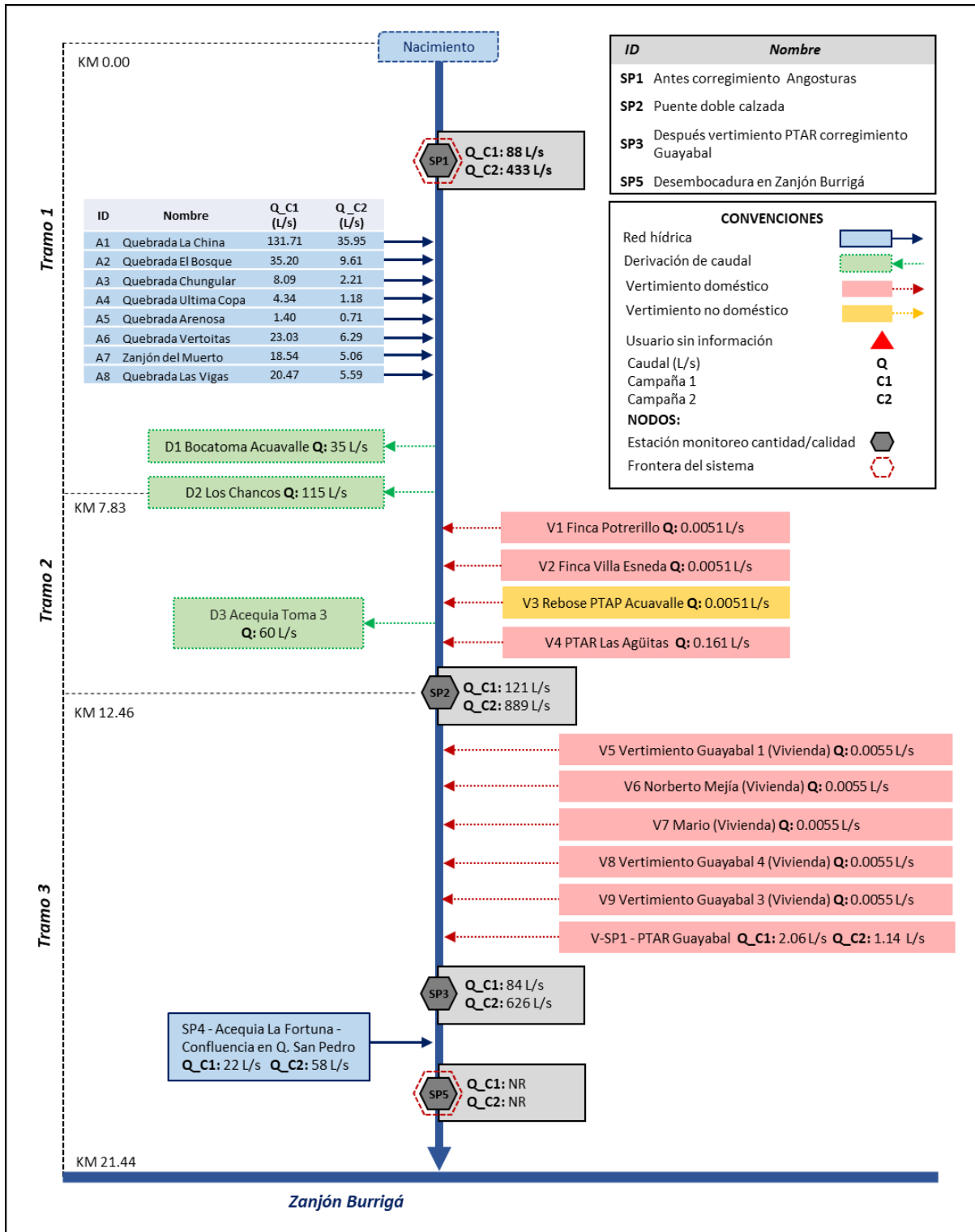


Figura 62. Modelo conceptual de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Tabla 3-2. Definición de los tramos de análisis de la quebrada San Pedro

Tramo	Definición	Coordenadas			
		Inicio tramo		Fin tramo	
		X	Y	X	Y
I	Desde el nacimiento en el kilómetro 0, hasta la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83	1099927.98	928938.836	1097398.33	934489.419
II	Desde la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83, hasta el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46	1097398.33	934489.419	1094270.38	934191.218
III	Desde el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46, hasta la desembocadura en el Zanjón Burrigá en el kilómetro 21.44	1094270.38	934191.218	1087109.82	937603.176

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

De acuerdo con la información presentada anteriormente, se observa que el primer tramo definido está influenciado por el ingreso de afluentes como las quebradas La China, El Bosque, Chungular, Última Copa, Arenosa, Vertoitas y Las Vigas y el zanjón del Muerto, adicionalmente se tiene la captación de dos derivaciones, ambas para consumo humano y uso agrícola. En el segundo tramo de análisis se observa el ingreso de vertimientos de tipo doméstico, la descarga de aguas del rebose de la PTAP Acuavalle y por último, la captación de la Acequia Toma 3. En el tramo 3 de análisis se encuentra la descarga de vertimientos de origen doméstico, entre los cuales se encuentra la descarga de la PTAR Guayabal, finalmente se observa justo antes de la desembocadura sobre el zanjón Burrigá el ingreso de la acequia la fortuna.

3.4 Calibración y validación del modelo de calidad del agua

Un modelo calibrado y validado permite predecir con mayor precisión los cambios en la calidad del agua en una corriente, frente a situaciones ambientales o acciones de intervención, lo que es importante para la gestión del recurso hídrico y la toma de decisiones. De acuerdo con lo anterior, 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 matemático de modelación de la calidad del agua Qual2Kw.

Posterior al balance de caudales y calibración manual de las constantes cinéticas, se llevó a cabo la calibración de modelo de calidad del agua para la quebrada San Pedro, 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.

A continuación, se presentan los resultados gráficos obtenidos en la calibración y confirmación del modelo de calidad implementado para la quebrada San Pedro, para el caudal y las variables de calidad de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ y patógenos (coliformes termotolerantes).

Se muestra en la Figura 63, la calibración y confirmación para el caudal, donde se observa en la campaña I (calibración) valores más bajos de caudal, tanto medidos, como aportados por los afluentes, mientras que en campaña 2 los valores son más altos. Para el tramo I se observa el ingreso de afluentes desde la cabecera hasta que finaliza ese tramo, por lo cual se evidencia el mayor aporte de caudal en esta zona, al finalizar este tramo se encuentran dos captaciones para uso humano, y una de ellas combinada con uso agrícola. Para el tramo II se presenta la descarga de tres vertimientos de ARD y la descarga del rebose de la PTAP operada por Acuavalle, así como la última captación que se presenta en la corriente y que corresponde a una acequia. Finalmente, en el tramo III se observa el ingreso de seis vertimientos de origen doméstico, entre ellos PTAR Guayabal, y finalmente la descarga de la acequia la fortuna.

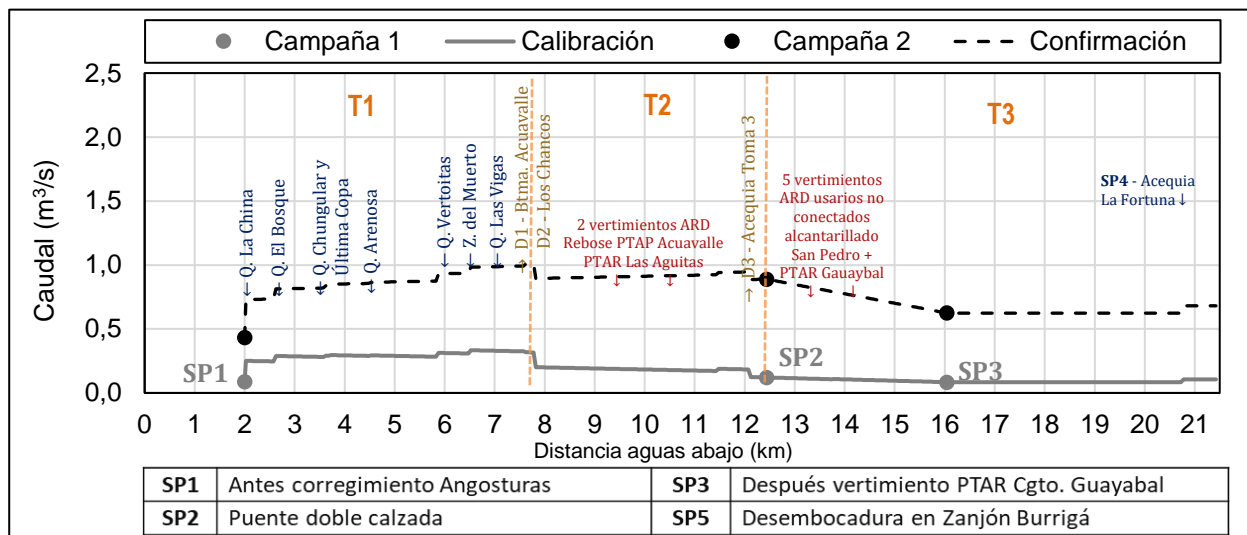


Figura 63. Calibración y confirmación del caudal de la quebrada San Pedro

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

En cuanto al oxígeno disuelto se observa para la calibración que en la cabecera la concentración es de 5 mg/L y al largo del tramo se observan aumentos asociados al ingreso de afluentes o batimetría de las corrientes y disminuciones asociadas a la descarga de los vertimientos, finalizando el tramo en 5.87 mg/L. Por otra parte, para la confirmación se observa en la cabecera un valor más alto al presentado en campaña 1 y al final del tramo un valor mucho más bajo, que corresponde a 2.91 mg/L (Figura 64).

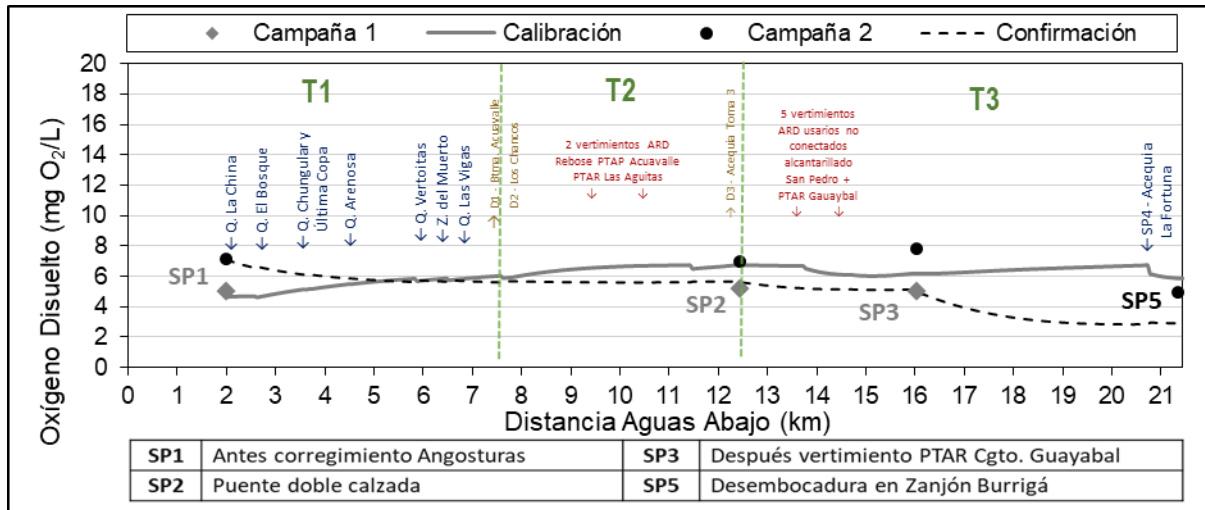


Figura 64. Calibración y confirmación del oxígeno disuelto de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Para la DBO₅ los valores medidos en campaña 1 son menores a 5.0mg/L, que son valores por debajo del límite de cuantificación del método analítico del laboratorio; se observa un incremento en el tramo III asociado a la descarga de los vertimientos de la zona y al ingreso de la acequia la fortuna. Por otra parte, en la confirmación los valores obtenidos se encontraron entre 28 y 48 mg/L, valores más altos desde el punto inicial hasta el punto final de monitoreo, que están asociados a factores como el arrastre de material del lecho debido a las lluvias y a la escorrentía de aguas residuales y agrícolas (Figura 65).

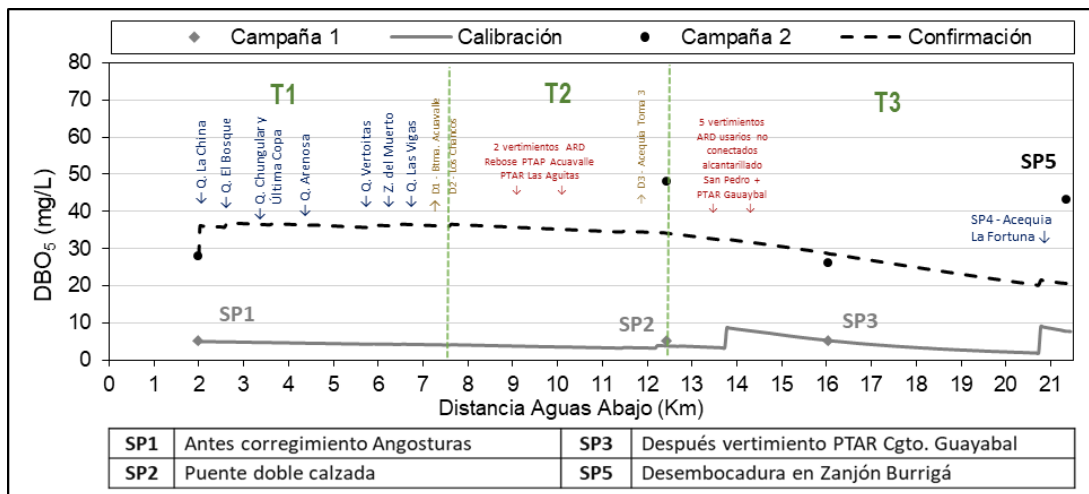


Figura 65. Calibración y confirmación de la DBO₅ de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

Finalmente, para los patógenos (coliformes fecales) se observa en la calibración valores más elevados y picos perceptibles en los puntos donde ingresan los afluentes en el tramo I y donde ingresan los vertimientos en los tramos II y III. Para la confirmación, la concentración de esta

variable es más baja y permanece un poco más constante, se observa un pico en el tramo III donde ingresan los vertimientos de usuarios no conectados al alcantarillado y de la PTAR Guayabal (Figura 66).

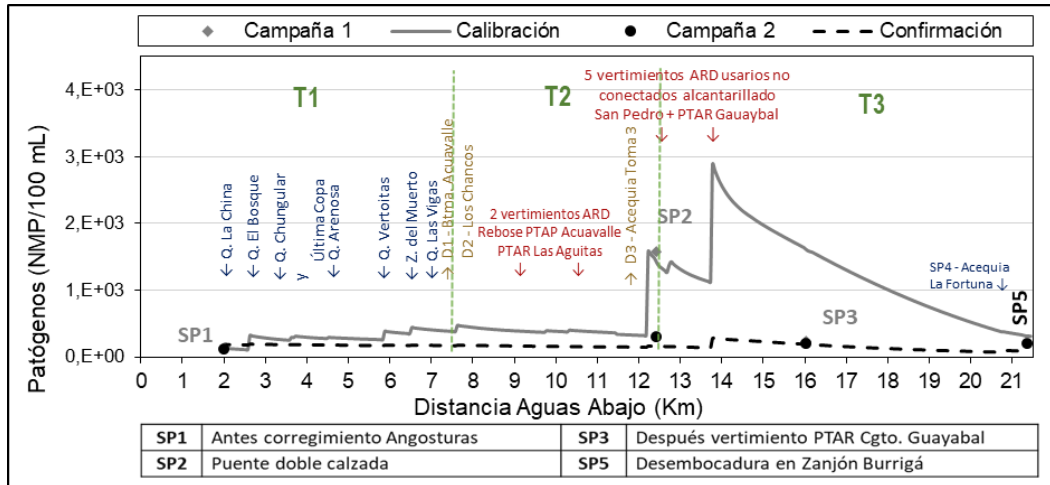


Figura 66. Calibración y confirmación de los patógenos de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

En general, el ajuste obtenido en ambas campañas, entre datos monitoreados y obtenidos con el modelo, son satisfactorios.

3.5 Formulación y simulación de escenarios

Para la fase prospectiva del ordenamiento de la quebrada San Pedro, fueron propuestos escenarios de simulación de calidad, a corto, mediano y largo plazo, que combinaron diferentes acciones preventivas y correctivas para el control de la contaminación aportada a las corrientes por los vertimientos de ARD y el ingreso de la acequia La Fortuna.

En total se simularon cinco escenarios en la quebrada San Pedro mediante el modelo Qual2Kw, el primer escenario correspondiente al escenario base, se corrió en condiciones actuales de calidad del agua y para caudales mínimos estacionales - condición hidrológica seca, los cuales fueron determinados por el grupo de hidrología en el marco del PORH (Tabla 3-3); los demás escenarios corresponden a la planificación de acciones en el corto (5 años) (Tabla 3-4), mediano (10 años) (Tabla 3-5) y largo plazo (15 y 20 años) (Tabla 3-6, Tabla 3-7). A continuación, se presentan las tablas donde se describen las acciones planificadas para cada uno de los escenarios propuestos.

Tabla 3-3. Planteamiento del escenario base para la quebrada San Pedro

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Caudal	Calidad
I	Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, pecuario, industrial	Nacimiento	-	Nacimiento Q. San Pedro	0.00	-	-
		Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	Caudal condición hidrológica seca Q= 5 L/s	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluyente	A1	Quebrada La China	2.01	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluyente	A2	Quebrada El Bosque	2.60		
		Afluyente	A3	Quebrada Chungular	3.65		
		Afluyente	A4	Quebrada Arenosa	4.45		
		Afluyente	A5	Quebrada Ultima Copa	3.73		
		Afluyente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87		
		Afluyente	A7	Zanjón del Muerto	6.51		
		Afluyente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62		
Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	-	-		
Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	Limitar concesión	-		
II	Agrícola, pecuario, industrial	Vertimiento	V1	Finca potrerrillo	9.76	Caudal proyectado año 1: Año 2024	Características fisicoquímicas actuales
		Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34		
		Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	-	-
		Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	Caudal proyectado año 1: Año 2024	Características fisicoquímicas actuales
		Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	Limitar concesión	-
		PM	SP2	Puente doble calzada	12.46	-	-
III	Agrícola, pecuario	Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	Caudal proyectado año 1: Año 2024	Características fisicoquímicas actuales
		Vertimiento	V6	Usuario directo Sector Guayabal	12.73		
		Vertimiento	V7	Usuario directo Sector Guayabal	12.74		
		Vertimiento	V8	Usuario directo Sector Guayabal	12.76		
		Vertimiento	V9	Usuario directo Sector Guayabal	12.77		
		Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal	13.79	-	-
		Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	-	-
		Afluyente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	Caudal ecológico	Características fisicoquímicas actuales

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Caudal	Calidad
		Punto de Monitoreo	SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	-	-
		Punto final	-	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	-	-

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

Tabla 3-4. Planteamiento del escenario de corto plazo (5 años) para la quebrada San Pedro

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
I	Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, pecuario, industrial	Nacimiento		Nacimiento Q. San Pedro		-	-	-
		Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	-	Caudal condición hidrológica seca Q= 5 L/s	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A1	Quebrada La China	2.01	-	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A2	Quebrada El Bosque	2.60	-		
		Afluente	A3	Quebrada Chungular	3.65	-		
		Afluente	A4	Quebrada Arenosa	4.45	-		
		Afluente	A5	Quebrada Ultima Copa	3.73	-		
		Afluente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87	-		
		Afluente	A7	Zanjón del Muerto	6.51	-		
		Afluente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62	-		
Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	Proyección de demanda	-	-		

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
		Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	Proyección de demanda	Limitar concesión	-
II	Agrícola, pecuario, industrial	Vertimiento	V1	Finca potrerillo	9.76	Proyección de caudal e implementación de sistemas individuales de tratamiento	Caudal proyectado año 5: Año 2028	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34			
		Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	-	-	-
		Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 5: Año 2028	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	Proyección de demanda	Limitar concesión	
		Punto de Monitoreo	SP2	Puente doble calzada	12.46	-	-	-
III	Agrícola, pecuario	Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	Proyección de caudal e implementación de sistemas individuales de tratamiento	Caudal proyectado año 5: Año 2028	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V6	Usuario directo Sector Guayabal	12.73			
		Vertimiento	V7	Usuario directo Sector Guayabal	12.74			
		Vertimiento	V8	Usuario directo Sector Guayabal	12.76			
		Vertimiento	V9	Usuario directo Sector Guayabal	12.77			
		Vertimiento	V10	Nuevos usuarios	13.29	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 5: Año 2028	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles definidos en la

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
								Res. 631 de 2015
		Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal	13.79	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 5: Año 2028	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	-	-	-
		Afluente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	-	Caudal ecológico	Características fisicoquímicas actuales
		Punto de Monitoreo	SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	-	-	-
		Punto final		Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	-	-	-

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

Tabla 3-5. Planteamiento del escenario de mediano plazo (10 años) para la quebrada San Pedro

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
I	Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, pecuario	Nacimiento		Nacimiento Q. San Pedro		-	-	-
		Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	-	Caudal condición hidrológica seca Q= 5 L/s	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A1	Quebrada La China	2.01	-	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A2	Quebrada El Bosque	2.60	-		

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad		
	industrial	Afluente	A3	Quebrada Chungular	3.65	-				
		Afluente	A4	Quebrada Arenosa	4.45					
		Afluente	A5	Quebrada Ultima Copa	3.73	-				
		Afluente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87	-				
		Afluente	A7	Zanjón del Muerto	6.51	-				
		Afluente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62	-				
		Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	Proyección de demanda			Limitar concesión	-
		Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	Proyección de demanda			Limitar concesión	-
II	Agrícola, pecuario, industrial	Vertimiento	V1	Finca potrerrillo	9.76	Proyección de caudal e implementación de sistemas individuales de tratamiento	Caudal proyectado año 10: Año 2033	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015		
		Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34					
		Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	-	-	-		
		Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 10: Año 2033	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015		
		Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	Proyección de demanda	Limitar concesión			
		Punto de Monitoreo	SP2	Puente doble calzada	12.46	-	-	-		
III	Agrícola, pecuario	Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	Proyección de caudal e implementación de sistemas individuales de tratamiento	Caudal proyectado año 10: Año 2033	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015		
		Vertimiento	V6	Usuario directo Sector Guayabal	12.73					
		Vertimiento	V7	Usuario directo Sector Guayabal	12.74					
		Vertimiento	V8	Usuario directo Sector Guayabal	12.76					
		Vertimiento	V9	Usuario directo Sector Guayabal	12.77					

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
		Vertimiento	V10	Nuevos usuarios	13.29	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 10: Año 2033	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles definidos en la Res. 631 de 2015
		Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal	13.79	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 10: Año 2033	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	-	-	-
		Afluente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	No hay acciones planificadas. Se requiere disminuir la carga contaminante que aporta la Acequia.	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas con una reducción del 30% de la carga que aporta.
		Punto de Monitoreo	SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	-	-	-
		Punto final		Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	-	-	-

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

Tabla 3-6. Planteamiento del escenario de largo plazo (15 años) para la quebrada San Pedro

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
I	Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, pecuario	Nacimiento		Nacimiento Q. San Pedro		-	-	-
		Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	-	Caudal condición hidrológica seca Q= 5 L/s	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A1	Quebrada La China	2.01	-	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A2	Quebrada El Bosque	2.60	-		

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
	industrial	Afluente	A3	Quebrada Chungular	3.65	-		
		Afluente	A4	Quebrada Arenosa	4.45			
		Afluente	A5	Quebrada Ultima Copa	3.73	-		
		Afluente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87	-		
		Afluente	A7	Zanjón del Muerto	6.51	-		
		Afluente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62	-		
		Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	Proyección de demanda	-	-
		Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	Proyección de demanda	Limitar concesión	-
II	Agrícola, pecuario, industrial	Vertimiento	V1	Finca potrerrillo	9.76	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 15: Año 2038	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34			
		Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	-	-	-
		Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 15: Año 2038	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	Proyección de demanda	Limitar concesión	
		Punto de Monitoreo	SP2	Puente doble calzada	12.46	-	-	-
III	Agrícola, pecuario	Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 15: Año 2038	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V6	Usuario directo Sector Guayabal	12.73			
		Vertimiento	V7	Usuario directo Sector Guayabal	12.74			
		Vertimiento	V8	Usuario directo Sector Guayabal	12.76			
		Vertimiento	V9	Usuario directo Sector Guayabal	12.77			

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
		Vertimiento	V10	Nuevos usuarios	13.29	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 15: Año 2038	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles definidos en la Res. 631 de 2015
		Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal	13.79	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 15: Año 2038	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	-	-	-
		Afluente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	No hay acciones planificadas. Se propone disminuir la carga contaminante que aporta la Acequia.	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas con una reducción del 30% de la carga que aporta.
		Punto de Monitoreo	SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	-	-	-
		Punto final		Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	-	-	-

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

Tabla 3-7. Planteamiento del escenario de largo plazo (20 años) para la quebrada San Pedro

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
I	Consumo humano y doméstico, recreativo, agrícola, pecuario	Nacimiento		Nacimiento Q. San Pedro		-	-	-
		Punto de Monitoreo	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	-	Caudal condición hidrológica seca Q= 5 L/s	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A1	Quebrada La China	2.01	-	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas tiempo seco
		Afluente	A2	Quebrada El Bosque	2.60	-		

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
	industrial	Afluente	A3	Quebrada Chungular	3.65	-		
		Afluente	A4	Quebrada Arenosa	4.45			
		Afluente	A5	Quebrada Ultima Copa	3.73	-		
		Afluente	A6	Quebrada Vertoitas	5.87	-		
		Afluente	A7	Zanjón del Muerto	6.51	-		
		Afluente	A8	Quebrada Las Vigas	7.62	-		
		Captación	D1	Bocatoma Acuavalle - D1	7.68	Proyección de demanda	-	-
		Captación	D2	Los Chancos - D2	7.83	Proyección de demanda	Limitar concesión	-
II	Agrícola, pecuario, industrial	Vertimiento	V1	Finca potrerrillo	9.76	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 20: Año 2043	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V2	Finca Villa Esneda	10.34			
		Vertimiento	V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	-	-	-
		Vertimiento	V4	PTAR Las Agüitas	12.07	Optimización de la PTAR	Caudal proyectado año 20: Año 2043	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Captación	D3	Acequia Toma 3 - Doble - D3	12.15	Proyección de demanda	Limitar concesión	
		Punto de Monitoreo	SP2	Puente doble calzada	12.46	-	-	-
III	Agrícola, pecuario	Vertimiento	V5	Usuario directo Sector Guayabal	12.72	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 20: Año 2043	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Vertimiento	V6	Usuario directo Sector Guayabal	12.73			
		Vertimiento	V7	Usuario directo Sector Guayabal	12.74			
		Vertimiento	V8	Usuario directo Sector Guayabal	12.76			
		Vertimiento	V9	Usuario directo Sector Guayabal	12.77			

Tramo	Usos actuales	Tipo	ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Acciones planificadas	Caudal	Calidad
		Vertimiento	V10	Nuevos usuarios	13.29	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 20: Año 2043	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles definidos en la Res. 631 de 2015
		Vertimiento monitoreado	V-SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal	13.79	Proyección de caudal y vertimiento cumpliendo la normatividad	Caudal proyectado año 20: Año 2043	Características fisicoquímicas con límites máximos permisibles artículo 8 Res. 631 de 2015
		Punto de Monitoreo	SP3	Después vertimiento PTAR corregimiento de Guayabal	16.07	-	-	-
		Afluente monitoreado	A9 (SP4)	Acequia La Fortuna - Confluencia en Q. San Pedro	20.80	No hay acciones planificadas. Se propone disminuir la carga contaminante que aporta la Acequia.	Caudal condición hidrológica seca	Características fisicoquímicas con una reducción del 30% de la carga que aporta.
		Punto de Monitoreo	SP5	Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	-	-	-
		Punto final		Desembocadura en Zanjón Burrigá	21.44	-	-	-

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

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

En el caso del oxígeno disuelto se observa para los tramos I y II que no se presentan variaciones significativas entre los cinco escenarios evaluados y por tanto, las concentraciones de esta variable de calidad se mantienen entre 4 y 7 mg/L. Por otra parte, se observa para el tramo III que el oxígeno disuelto mejora sus condiciones a partir del escenario de corto plazo (5 años) y hasta el escenario a largo plazo (20 años), donde se implementan y optimizan sistemas de tratamiento para todos los vertimientos de origen doméstico que son descargados, además se observa que para los escenarios de mediano (10 años) y largo plazo (15 y 20 años) la concentración de esta variable mejora debido a que se propone el mejoramiento de las características fisicoquímicas de la acequia La Fortuna con la reducción de un 30% de la carga contaminante aportada por esta corriente (Figura 67).

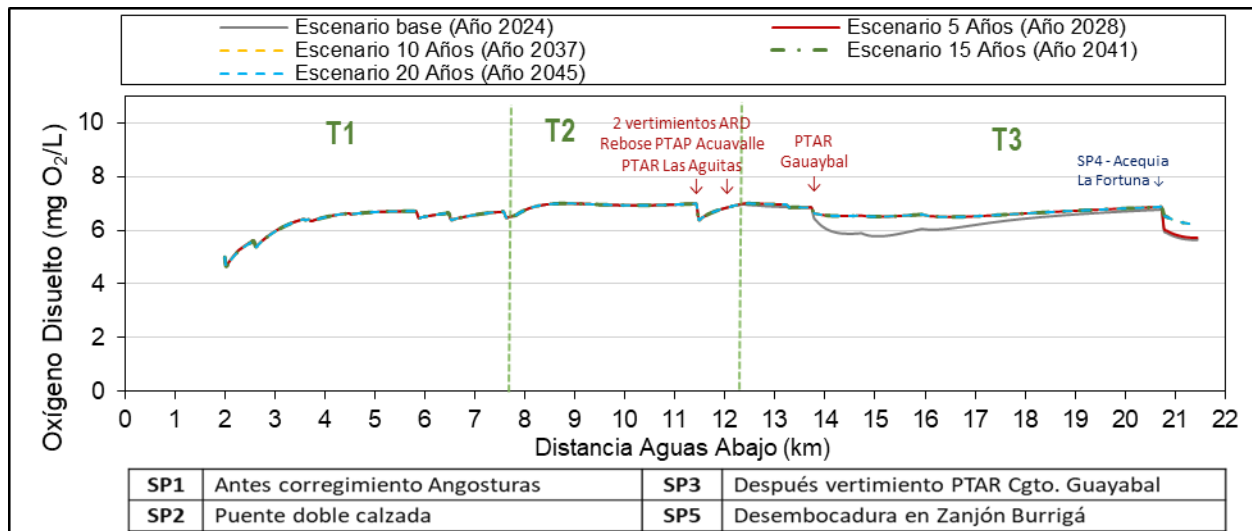


Figura 67. Escenarios para el oxígeno disuelto de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno – DBO₅ se observan las concentraciones más elevadas para el escenario base (año 2024), mientras que para el escenario a corto plazo (5 años) la concentración en todos los tramos de análisis se reduce considerablemente, salvo para el final del tramo modelado, donde esta variable aun presenta un valor elevado asociado a la descarga de la acequia la fortuna. Finalmente, para los demás escenarios evaluados, la concentración de esta variable se mantiene igual que para el escenario a corto plazo en los tramos I y II, y se observa una mejora en el tramo III donde se mejoran las condiciones fisicoquímicas de la acequia La Fortuna (Figura 68).

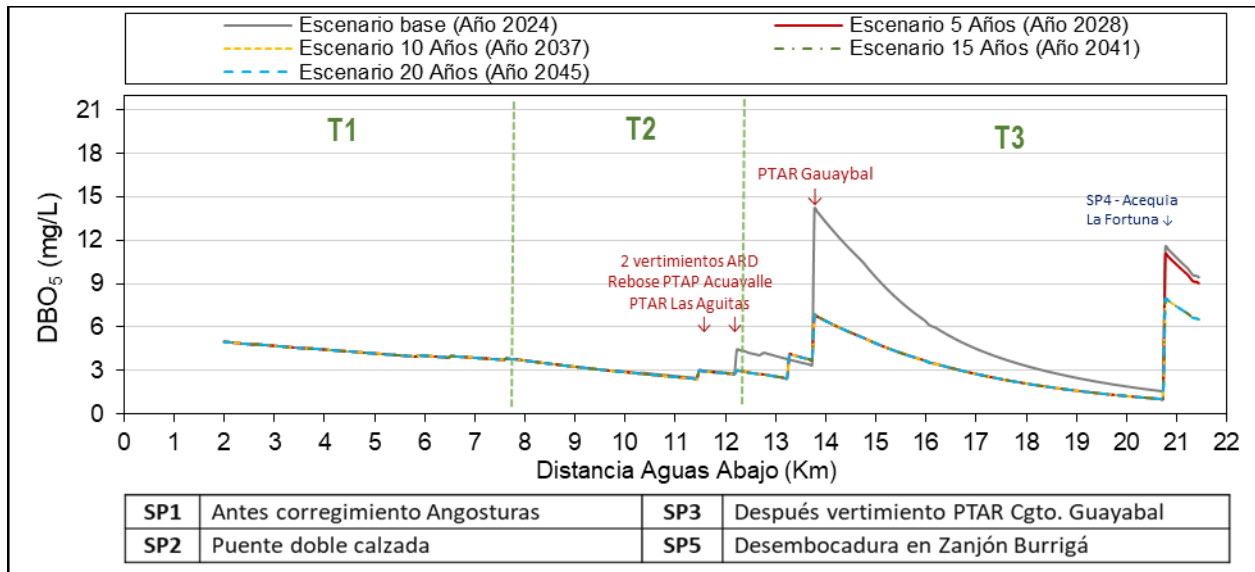


Figura 68. Escenarios para la DBO₅ de la quebrada San Pedro

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

Los sólidos suspendidos totales – SST presentan un comportamiento similar al presentado para las variables anteriores, los tramos I y II con concentraciones similares para todos los escenarios, mientras que en el tramo III se evidencia la mejora en la concentración asociada a la descarga de los vertimientos de ARD cumpliendo los límites máximos de la Resolución 631 de 2015 y a la mejora en las condiciones de calidad de la acequia La Fortuna (Figura 69).

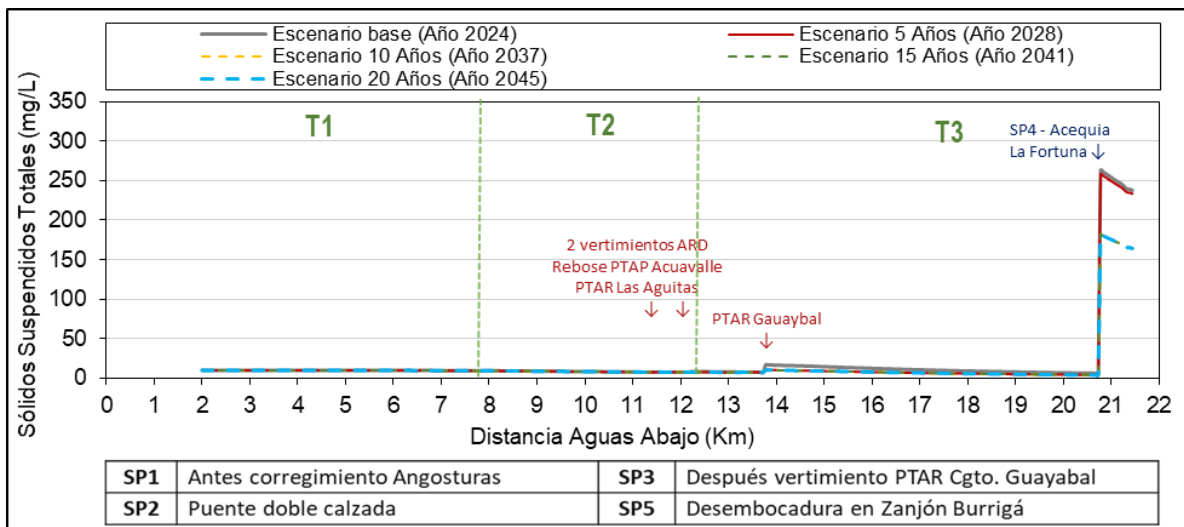


Figura 69. Escenarios para los SST de la quebrada San Pedro

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

Por último, la concentración de patógenos más alta se presenta en el escenario base (año 2024) donde no hay ninguna acción planificada para los usuarios que se encuentran descargando o para la acequia La Fortuna. Mientras que para los demás escenarios donde los vertimientos se descargarán después de ser tratados y se mejora la calidad de la acequia La Fortuna (desde el mediano plazo), se observa una reducción considerable de los patógenos, sobre todo para el final del tramo II y para el tramo III (Figura 70).

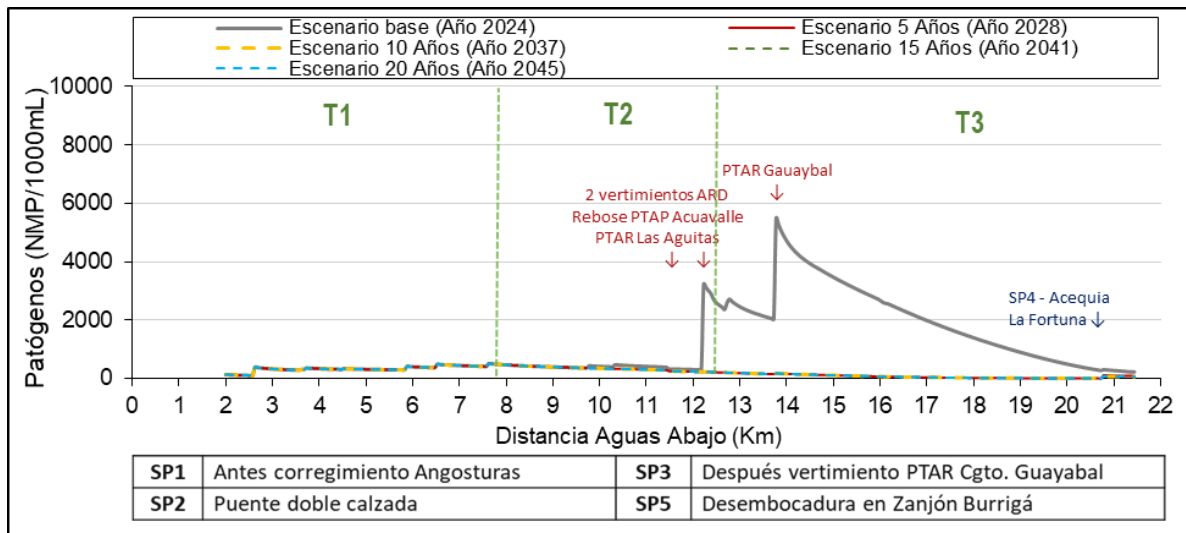


Figura 70. Escenarios para los patógenos de la quebrada San Pedro
Fuente: (Elaboración propia CVC-UNIVALLE Convenio 245-021, 2023)

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

De acuerdo con el análisis de información existente, los resultados obtenidos en la modelación y los usos actuales del recurso hídrico y los lineamientos normativos, se realizó la identificación de usos potenciales y la clasificación del cuerpo de agua con respecto a los vertimientos, para los tramos de análisis de la quebrada San Pedro, como se muestra en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8. Identificación de usos potenciales y clasificación del cuerpo de agua con respecto a los vertimientos

Corriente	Tramo	Longitud (km)	Coordenadas ⁽¹⁾				Uso potencial	Clasificación ⁽²⁾	
			Inicio tramo		Fin tramo				
			X	Y	X	Y			
Quebrada San Pedro	I	Desde el nacimiento en el kilómetro 0, hasta la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83	7.83	1099927	928938	1097398	934489	Consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna	Clase I
	II	Desde la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83, hasta el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46	4.63	1097398	934489	1094270	934191	Uso agrícola, pecuario, industrial, uso estético	Clase II
	III	Desde el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46, hasta la desembocadura en el Zanjón Burrigá en el kilómetro 21.44	8.98	1094270	934191	1087109	937603	Uso agrícola, pecuario, preservación de flora y fauna	Clase II

⁽¹⁾ Sistema Magna Colombia Bogotá

⁽²⁾ Clase I. Cuerpos de agua que no admiten vertimientos

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

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

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

Con base en los resultados obtenidos de la modelación de calidad del agua y los escenarios previamente presentados, se definieron los criterios de calidad esenciales para garantizar el mantenimiento de la calidad del agua para los usos establecidos para la quebrada San Pedro. En consecuencia, se ajustaron las estrategias a implementar para satisfacer las necesidades derivadas de los objetivos de calidad que se detallan en la Tabla 3-9.

Tabla 3-9. Usos y objetivos de calidad para la quebrada San Pedro

Tramo	Nombre del tramo	Uso	Criterio de calidad	Unidad	Tiempo		
					Corto	Mediano	Largo
					5 años	10 años	15 y 20 años
I	Desde el nacimiento en el kilómetro 0, hasta la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83	Consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna	Caudal de referencia ⁽¹⁾	L/s	≥ 60	≥ 60	≥ 60
			Temperatura	°C	≤ 26	≤ 26	≤ 26
			OD	mg O ₂ /L	≥ 5.0	≥ 5.0	≥ 5.0
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 5.0
			SST	mg/L	≤ 12.0	≤ 12.0	≤ 12.0
			Coliformes totales	NMP/100mL	≤ 10000	≤ 10000	≤ 10000
			Coliformes fecales	NMP/100mL	≤ 1000	≤ 1000	≤ 1000
			pH	U pH	6.5-8.0	6.5-8.0	6.5-8.0
II	Desde la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83, hasta el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46	Uso agrícola, pecuario, industrial, uso estético	Caudal de referencia ⁽¹⁾	L/s	≥ 34	≥ 34	≥ 34
			Temperatura	° C	≤ 26	≤ 26	≤ 26
			OD	mg O ₂ /L	≥ 5.0	≥ 5.0	≥ 5.0
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 5.0
			SST	mg/L	≤ 50.0	≤ 50.0	≤ 50.0
			pH	U pH	6.5-8.0	6.5-8.0	6.5-8.0
			Nitratos	mg/L	≤ 10.0	≤ 10.0	≤ 10.0
III	Desde el Puente doble calzada en el kilómetro 12.46, hasta la desembocadura en el Zanjón Burrigá en el kilómetro 21.44	Uso agrícola y pecuario, preservación de flora y fauna	Caudal de referencia ⁽¹⁾	L/s	≥ 34	≥ 34	≥ 34
			OD	mg O ₂ /L	≥ 5.0	≥ 5.0	≥ 5.0
			DBO ₅	mg O ₂ /L	≤ 10.0	≤ 10.0	≤ 10.0
			SST	mg/L	≤ 330.0	≤ 220.0	≤ 220.0
			pH	U. de pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5

⁽¹⁾ Caudal de referencia para el cumplimiento de los objetivos de calidad
Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Potencial de hidrógeno (pH)

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

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

La formulación del PORH del sistema San Pedro 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 la quebrada San Pedro se identificaron vertimientos de origen doméstico, se tiene una descarga del rebose de la PTAP Acuavalle y no fueron identificados vertimientos de tipo de no doméstico operando en la actualidad.

A partir del corto plazo, año 2028, se propone que la descarga de todos los vertimientos que encuentran actualmente sobre la quebrada San Pedro se realice cumplimiento los límites máximos permisible establecidos en la Resolución 631 de 2015.

De acuerdo con los resultados del estudio de la modelación de la calidad del agua de la quebrada San Pedro, realizados mediante la herramienta QUAL2Kw, y los escenarios planteados para este cuerpo de agua, se estimaron las metas de cargas contaminantes de DBO_5 y SST vertidas al río que permitan garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad en cada tramo de estudio.

Se presenta entonces a continuación la información con la estimación de las cargas contaminantes determinadas para línea base (año 2023) en cuanto a DBO_5 y SST, donde también se muestra la proyección de carga contaminante vertida por cada usuario (Tabla 3-10), la meta de reducción de carga contaminante (

Tabla 3-11) y las cargas máximas permisibles por cada tramo (Tabla 3-12).

La línea base se construyó a partir de los datos medidos en campañas de monitoreo dentro del marco del PORH, los registros históricos, las observaciones realizadas en campo, información secundaria, censo de usuarios y los resultados de los talleres y reuniones.

Tabla 3-10. Proyección de la carga contaminante vertida por cada usuario

Tramo	Usuario	Caudal (L/s)	Concentración (mg/L)		Carga base 2024 (kg/año)		Carga proyectada (kg/año)							
			DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	Año 2028		Año 2033		Año 2038		Año 2043	
							DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
II	Finca potrerrillo	0.0051	548	322	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9
	Finca Villa Esneda	0.0051	548	322	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9	88.4	51.9
	Rebose PTAP ACUAVALLE	17.50	5.0	8.4	2759	4647	2759	4647	2759	4647	2759	4647	2759	4647
	PTAR Las Agüitas	0.1610	548	322	2782	1635	3042	1787	3325	1954	3636	2137	4346	2554
III	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9	91.8	53.9
	Carga proyectada – Nuevos usuarios	1.0300	92	43	0.0	0.0	2985	1402	2985	1402	2985	1402	2985	1402
	V-SP1 - PTAR Guayabal (San Pedro)	2.063	295	262	1919	1704	2097	1863	2294	2037	2508	2227	2998	2663
TOTAL					25370	23701	30400	26841	32647	28751	35098	30834	40711	35606

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

Tabla 3-11. Metas de reducción de carga contaminante por cada usuario

Tramo	Usuario	Caudal (L/s)	Concentración (mg/L)		Carga base 2024 (kg/año)		Carga máxima permisible (kg/año)							
			DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	Año 2028		Año 2033		Año 2038		Año 2043	
							DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
II	Finca potrerillo	0.0051	548	322	88.4	51.9	14.5	16.1	14.5	16.1	14.5	16.1	14.5	16.1
	Finca Villa Esneda	0.0051	548	322	88.4	51.9	14.5	16.1	14.5	16.1	14.5	16.1	14.5	16.1
	Rebose PTAP ACUAVALLE	17.50	5.0	8.4	2759	4647	2759	4647	2759	4647	2759	4647	2759	4647
	PTAR Las Agüitas	0.1610	548	322	2782	1635	500	500	546	546	597	597	714	714
III	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8
	Usuario directo sector Guayabal	0.0053	548	322	91.8	53.9	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8	15.1	16.8
	Carga proyectada – Nuevos usuarios	-	0	0	0.0	0.0	2985	1402	2985	1402	2985	1402	2985	1402
	V-SP1 - PTAR Guayabal (San Pedro)	2.063	295	262	19192	17045	6400	6400	6999	6999	7652	7652	9148	9148
TOTAL					25370	23701	12749	13065	13394	13710	14098	14414	15710	16026

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

Tabla 3-12. Cargas máximas permisibles y carga a remover por cada tramo de análisis de la quebrada San Pedro por usuarios

Tramo	Carga	Carga base 2024 (kg/año)		Carga proyectada (kg/año)							
				Año 2028 (5 años)		Año 2033 (10 años)		Año 2038 (15 años)		Año 2043 (20 años)	
		DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST	DBO ₅	SST
I	Proyectada	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	5719	6386	5978	6538	6261	6704	6572	6887	7283	7305
	Máxima permisible	5719	6386	3288	5179	3335	5225	3386	5276	3502	5393
	Carga a remover	0.0	0.0	2690	1359	2927	1479	3187	1611	3780	1912
II	Proyectada	19651	17315	24423	20303	26386	22047	28525	23947	33428	28301
	Máxima permisible	19651	17315	9461	7886	10060	8485	10712	9138	12208	10633
	Carga a remover	0.0	0.0	14962	12418	16326	13562	17813	14810	21220	17668

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 la quebrada San Pedro

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 definición de los tramos y los objetivos de calidad del agua para la quebrada San Pedro, se propone a continuación la red de monitoreo para este cuerpo de agua, conformada por cuatro puntos sobre la corriente principal y un punto sobre un tributario (Tabla 3-1).

Tabla 4-1. Red de monitoreo del programa de seguimiento de la quebrada San Pedro y sus principales tributarios

Tipo	ID	Nombre	Distancia aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
CP	SP1	Antes corregimiento Angosturas	2.00	930636,34 32	1099552,825
CP	D1	Bocatoma de ACUAVALLE	7.68	934366,60 46	1097460,163
CP	SP2	Puente doble calzada	12.46	934191,21 83	1094270,382
T	SP4	Acequia La Fortuna	20.80	939305,62 46	1087715,892
CP	SP5	Antes desembocadura en Zanjón Burrigá	21.36	937603,17 63	1087109,82

CP: Corriente principal T: Tributario

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

El muestreo cantidad y calidad (parámetros físicos, químicos y microbiológicos) se realizará anualmente, en dos campañas por 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 invierno y caudales bajos o de estiaje en una condición de

verano), con el propósito de analizar el comportamiento de la calidad del agua en relación con la condición climatológica.

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). Este monitoreo 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 y de caudal de la quebrada San Pedro.

En la Tabla 4-2 se muestran los parámetros fisicoquímicos, hidrobiológicos y microbiológicos a ser caracterizados en el plan de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico de la quebrada San Pedro, según las frecuencias antes establecidas.

Tabla 4-2. Variables de calidad del programa de seguimiento de la quebrada San Pedro

VARIABLE		UNIDAD	AGUA SUPERFICIA L
IN SITU	Caudal	L/s	X
	pH	Unidades de pH	X
	Temperatura del agua	°C	X
	Conductividad Eléctrica	µs/cm	X
	Oxígeno Disuelto	mg/l	X
FISICOQUIMICOS	Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	X
	Dureza Total	mg/L CaCO ₃	X
	DBO ₅ Total	mg/L O ₂	X
	DBO ₅ Filtrada o soluble	mg/L O ₂	X
	DBO Ultima	mg/L O ₂	X
	DQO Total	mg/L O ₂	X
	COT	mg/L O ₂ /mg/L	X
	Color verdadero	UPC	X
	Solidos Suspendidos Totales	mg/L	X
	Solidos suspendidos Volátiles	mg/L	X
	Sólidos sedimentables	mL/L	X
	Solidos Disueltos Totales	mg/L	X
	Turbiedad	NTU	X
	Nitrógeno Total	mg/L N	X
	Nitrógeno Amoniacal	mg/L N-NH ₃	X
Nitritos	mg/L N-NO ₂	X	

VARIABLE		UNIDAD	AGUA SUPERFICIAL
	Nitratos	mg/L N-NO ₃	X
	Fosforo Total	mg/L P	X
	Fosfatos	mg/L P-PO ₄	X
	Grasas y Aceites	mg/L	X
	Tensoactivos aniónico Método SAAM	mg/L	X
	Fenoles	mg/L	X
	Hierro (Fe)	mg/L	X
	Manganeso (Mn)	mg/L	X
IONES	Cloruros	mg/L CL-	X
	Sulfatos	mg/L SO ₄	X
	Calcio	mg/L	X
	Magnesio	mg/L	X
	Sodio	mg/L	X
MICROBIOLÓGICOS	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	X
	Coliformes totales	NMP/100 mL	X
HIDROBIOLÓGICOS	Perifiton	[# individuos/unidad de área]	X
	Peces	[# individuos por especie]	X
	Macroinvertebrados	[# individuos/unidad de área]	X
OTROS	Clorofila (A)	µg/L	X

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

4.1.2 Seguimiento a los usuarios (vertimientos) de la quebrada San Pedro

En la Tabla 4-3 se puede observar los puntos existentes y propuestos para la red de seguimiento y monitoreo de vertimientos. A los usuarios con permisos de vertimientos se les debe requerir como mínimo un estudio anual de caracterización contemplando los parámetros correspondientes según la resolución 631 de 2015 y demás normativa vigente.

Tabla 4-3. Red de monitoreo sobre los vertimientos que descargan sobre la quebrada San Pedro

ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
V1	Finca potrerillo	9.76	934291,480 8	1096145,99 9
V2	Finca Villa Esneda	10.34	934014,678 7	1095840,86 8

ID	Nombre	Distancia a aguas abajo (km)	Latitud	Longitud
V3	Rebose PTAP ACUAVALLE	11.47	933596,186 2	1094876,90 8
V4	PTAR Las Agüitas	12.07	934179,866 9	1094284,89 3
V5	Usuario directo sector Guayabal	12.72	934182,229	1094489,43 1
V6	Usuario directo sector Guayabal	12.73	934418,427 8	1094156
V7	Usuario directo sector Guayabal	12.74	934427,662 9	1094174,50 1
V8	Usuario directo sector Guayabal	12.76	934470,776 1	1094276,26 3
V9	Usuario directo sector Guayabal	12.77	934458,373 3	1094165,21 4
V- SP1	V-SP1 - PTAR Guayabal - Municipio de San Pedro	13.79	935283,081 6	1093748,80 8

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

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 cada cinco años durante la vigencia del PORH de la quebrada San Pedro.

5 Fase IV Estructura del Componente Programático

El PORH constituye un instrumento de planificación importante para el ordenamiento de las aguas, debido al conocimiento del estado base del recurso y de las necesidades de implementación de acciones de tipo técnico y administrativo para garantizar la sostenibilidad del agua, situación que se articula con los planteamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MAVDT, 2010), en cuanto a los objetivos específicos.

Teniendo en cuenta los riesgos identificados y situaciones propias de la corriente en ordenamiento, se presenta a continuación la descripción de las líneas estratégicas para la conformación de proyectos, así como las fichas correspondientes a cada proyecto

El componente programático del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la quebrada San Pedro está estructurado en líneas estratégicas y en cada una de ellas se define el programa y para cada programa las actividades que orientan la formulación de proyectos a corto, mediano y largo plazo, acordes a los objetivos de la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico vigente. La política se fundamenta en ocho (8) principios, que serán el punto de referencia y el marco normativo para la estructuración del componente programático, dichos principios son (Tomado de la Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2010).

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

Estos principios que a su vez son el marco de referencia normativa para la estructuración del componente programático, son el punto de partida para establecer las líneas

estratégicas a desarrollar y el objetivo de las mismas; permitiendo plantear la estructura del componente programático del ordenamiento del recurso hídrico de la Quebrada San Pedro.

El PORH constituye un instrumento de planificación importante para el ordenamiento de las aguas, debido al conocimiento del estado base del recurso y de las necesidades de implementación de acciones de tipo técnico y administrativo para garantizar la sostenibilidad del agua, situación que se articula con los planteamientos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH (MAVDT, 2010), en cuanto a los objetivos específicos.

Teniendo en cuenta los riesgos identificados y situaciones propias de la corriente en ordenamiento, se presenta a continuación la descripción de las líneas estratégicas para la conformación de proyectos, así como las fichas correspondientes a cada proyecto.

5.1 Línea estratégica 1: Uso eficiente del agua

Esta línea estratégica está dirigida principalmente a propender por el uso razonable y sostenible del agua, donde se pretende garantizar el caudal ambiental necesario y reducir las afectaciones que el desabastecimiento del río puede generar en el ecosistema, limitando el uso del recurso sobre todo en épocas climáticas de temporada seca (Tabla 5-1, Tabla 5-2).

5.2 Línea estratégica 2: mejoramiento de la oferta hídrica

Esta línea estratégica, se enmarca en los 5 objetivos de la Política hídrica Nacional: oferta, demanda, calidad, riesgo, gobernabilidad y fortalecimiento institucional estratégica.

Está dirigida principalmente a realizar acciones que propendan por la gestión de la oferta del recurso hídrico, la cual está relacionada directamente con el uso del suelo, que propone por un lado la gestión de suelo de protección a través del desarrollo de un Sistema Municipal de Áreas Protegidas, que integraría todos los predios del municipio adquiridos para la conservación de los nacimientos que abastecen acueductos (Art. 111 ley 99 de 1993); y los predios privados, priorizando el predio La Piedad, el cual se encuentra administrado por la SAE.

De otro lado la identificación de nuevos predios para la conservación de la cuenca y de áreas para la restauración, incluyendo la conformación de corredores de conectividad a través de la delimitación de la ronda hídrica y su zona aferente, de la que habla el Decreto 2245 de 2017, a través del cual se reglamentó el acotamiento de la ronda hídrica, y el Decreto 1076 de 2015, en el Art. 2.2.3.2.3 A.1, con el que se define objeto y ámbito de aplicación, los criterios técnicos de los estudios para su acotamiento en el área de jurisdicción de las Autoridades Ambientales competentes y definiéndola como una determinante ambiental (Tabla 5-3).

5.3 Línea estratégica 3: Saneamiento de fuentes hídricas

Esta línea fue determinada con el fin de atender el objetivo sobre calidad de la Política

Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, que establece: “Mejorar la calidad del recurso hídrico”; esto en función del cumplimiento de los criterios de calidad establecidos para cada uso en el actual plan de ordenamiento. Con el objetivo de contribuir a la ejecución de la línea estratégica se definen dos programas que agrupan los proyectos de la línea (Saneamiento rural y Saneamiento urbano) (Tabla 5-4, Tabla 5-5,

Tabla 5-6 y Tabla 5-7).

5.4 Línea estratégica 4: Monitoreo del recurso hídrico

La línea estratégica 4, está orientada hacia la ejecución de actividades que permitan el adecuado seguimiento y monitoreo del recurso hídrico del Quebrada San Pedro en pro del cumplimiento de las condiciones de calidad y cantidad identificadas en fase de diagnóstico y definidas en fase de prospectiva, así como de la actualización y alimentación de los modelos de calidad del agua implementados y ejecutados con información de calidad y cantidad existente (Tabla 5-8).

5.5 Línea estratégica 5: Fortalecimiento de procesos de participación social y comunitaria

Esta línea estratégica busca promover la participación de la comunidad en los procesos de gestión integral del recurso hídrico, necesarios, en el marco del PORH, para alcanzar los objetivos de calidad del agua propuestos para esta corriente en el marco de su ordenamiento. La estrategia consiste en el diseño e implementación de procesos formativos, informativos y de sensibilización dirigidos a diferentes públicos, principalmente líderes de organizaciones sociales, representantes de acueductos comunitarios, instituciones educativas y público en general (Tabla 5-9).

A continuación, se presentan los diferentes proyectos planteados considerando las líneas estratégicas y los diferentes escenarios de modelación según lo tramos distribuido en el modelo.

Tabla 5-1. Línea estratégica 1: Gestión de la demanda

Línea Estratégica 1	Gestión de la demanda en la quebrada San Pedro														
Programa 1	Optimización de la demanda														
Objetivo General	Preservar el caudal ambiental de la cuenca de la quebrada San Pedro en los tramos 1, 2 y 3														
Objetivos Específicos	1. Trazar la red hídrica natural y artificial asociada a la cuenca San Pedro														
	2. Actualizar la reglamentación de usos del agua														
	3. Reducir pérdidas de agua por captaciones sobre la quebrada San Pedro y principales tributarios														
	4. Gestionar la demanda de agua de los sistemas de abastecimiento existentes y que puedan afectar en términos de cantidad la Quebrada San Pedro														
	5. Fortalecer las organizaciones de base en zona rural para mejorar la gestión comunitaria del agua														
	6. Contar con fuentes de agua alternas que permitan el abastecimiento del agua para diferentes usos														
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO					LARGO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11-20
Actualización de los trazados de la red hídrica natural y artificial asociada a la cuenca de la quebrada San Pedro	Red hídrica en actualización	100% de la red hídrica actualizada													CVC
Actualización de la reglamentación de usos del agua en el tramo 1 al 3	Reglamentación actualizada	100% de la reglamentación actualizada													CVC
Generación y adopción de módulos de consumo agropecuario definidos para la quebrada San Pedro	Módulos de consumo agropecuario definidos	100% de los módulos de consumo agropecuario definidos													CVC
Implementación de PUEAA Acueducto municipio San Pedro y acueductos rurales (Buenos Aires, los chancos, Guaqueros, Monte Redondo, San José)	No. de PUEAA en implementación	7 acueductos con PUEAAS en implementación													Alcaldía y prestadores de servicios, ACUAVALLE

Línea Estratégica 1	Gestión de la demanda en la quebrada San Pedro														
Programa 1	Optimización de la demanda														
Objetivo General	Preservar el caudal ambiental de la cuenca de la quebrada San Pedro en los tramos 1, 2 y 3														
Objetivos Específicos	1. Trazar la red hídrica natural y artificial asociada a la cuenca San Pedro														
	2. Actualizar la reglamentación de usos del agua														
	3. Reducir pérdidas de agua por captaciones sobre la quebrada San Pedro y principales tributarios														
	4. Gestionar la demanda de agua de los sistemas de abastecimiento existentes y que puedan afectar en términos de cantidad la Quebrada San Pedro														
	5. Fortalecer las organizaciones de base en zona rural para mejorar la gestión comunitaria del agua														
	6. Contar con fuentes de agua alternas que permitan el abastecimiento del agua para diferentes usos														
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables		
			CORTO					MEDIANO						LARGO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11-20
Capacitación técnica de organizaciones de base en zona rural en la gestión comunitaria del agua	No. de organizaciones de base en zona rural capacitadas	6 organizaciones de base de acueductos rurales capacitadas													Alcaldía APOYA: Gobernación a través del Plan Departamental de Aguas
Formulación de PUEAA requeridos por la CVC con la actualización de concesiones de agua	No de PUEAAS Formulados por Usuarios del Sector Agrícola	100% de las concesiones de agua de usuarios del sector agrícola con PUEAAS Formulados													Usuarios del agua del Sector Agrícola. Apoya CVC
Identificación y evaluación de fuentes de agua alternas para los usuarios del agua	No. de PUEEAS formulados	100% de los PUEAAS formulados incluyen fuentes alternas de agua viables													Usuarios del recurso hídrico – APOYA CVC

Tabla 5-2 Línea estratégica 1: Gestión de la demanda (Continuación)

Línea Estratégica 1	Gestión de la demanda													
Programa 2	Regulación y control													
Objetivo General	Garantizar el caudal ecológico en la Quebrada San Pedro													
Objetivos Específicos	1. Realizar el Diagnóstico para determinar los posibles sitios de ubicación de las estructuras de regulación y control de caudal para las derivaciones 1 – 2 - 3													
	2. Realizar el diseño de la ingeniería de detalle de las estructuras de regulación y control de caudal de las derivaciones 1 – 2- 3													
	3. Realizar la construcción de las estructuras de regulación y control del caudal 1 -2 -3													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO						LARGO
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11-20
Realización del Diagnóstico y el diseño de ingeniería de detalle de las estructuras de captación y control de caudal (para las tres derivaciones)	No. de estructuras diseñadas	Tres Estructuras diseñadas												Usuarios. APOYA CVC
Realizar la construcción de estructuras de control de caudal (para las tres derivaciones)	No. de estructuras construidas	Tres estructuras construidas y operadas adecuadamente												Usuarios. APOYA CVC
Fortalecimiento de capacidades en operación y mantenimiento de las estructuras de control del caudal construidas (para las tres derivaciones)														

Tabla 5-3. Línea estratégica 2: Gestión de la oferta hídrica

Línea Estratégica 2	Mejoramiento de la oferta hídrica en la cuenca de la Quebrada San Pedro														
Programa 1	Conservación y Recuperación														
Objetivo General	Articular esfuerzos para la conservación de predios de importancia estratégica para la regulación hídrica														
Objetivos Específicos	1. Articular esfuerzos para la adquisición de predios de importancia estratégica para la conservación del agua														
	2. Elaborar un plan de conservación y recuperación de estas áreas														
	3. Impulsar la creación de un Sistema municipal de Áreas protegidas que incluyan los predios adquiridos para conservación de cuencas (Art. 111 Ley 99 de 1993) y predios privados como suelos de protección														
	4. Incorporar los lineamientos para calidad (carga contaminante y cantidad (oferta) definidos en el PORH														
	5. Promover la implementación de corredores ambientales a través del acotamiento de la ronda hídrica que contribuya a mejorar la oferta y la calidad del agua														
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO					LARGO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20		
Promover la declaratoria de suelos de protección públicos y privados en el marco de la implementación de una estrategia de Sistema Municipal de Áreas Protegidas - SIMAP	No. de predios Públicos y Privados en alguna categoría de suelos de protección local	8 predios públicos localizados en la subcuenca Qda. Artieta y el predio Privado La Piedad													Alcaldía. Apoya CVC
Identificación y compra de predios en las Áreas de Importancia Hídrica AIRH, priorizadas por la CVC que suministran agua para acueductos	No. de predios adquiridos	2 predios de importancia estratégica adquiridos													Alcaldía. Apoya CVC, ACUVALLE, Gobernación, empresas privadas

Línea Estratégica 2	Mejoramiento de la oferta hídrica en la cuenca de la Quebrada San Pedro														
Programa 1	Conservación y Recuperación														
Objetivo General	Articular esfuerzos para la conservación de predios de importancia estratégica para la regulación hídrica														
Objetivos Específicos	1. Articular esfuerzos para la adquisición de predios de importancia estratégica para la conservación del agua														
	2. Elaborar un plan de conservación y recuperación de estas áreas														
	3. Impulsar la creación de un Sistema municipal de Áreas protegidas que incluyan los predios adquiridos para conservación de cuencas (Art. 111 Ley 99 de 1993) y predios privados como suelos de protección														
	4. Incorporar los lineamientos para calidad (carga contaminante y cantidad (oferta) definidos en el PORH														
	5. Promover la implementación de corredores ambientales a través del acotamiento de la ronda hídrica que contribuya a mejorar la oferta y la calidad del agua														
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO					LARGO		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20		
Elaboración e implementación de un plan de restauración y/o recuperación para la conservación de predios adquiridos por Art. 111 ley 99 de 1993 a través de compensación o mantenimiento de predios	Hectáreas en recuperación	100 hectáreas en recuperación													CVC, Alcaldía, Gobernación, Usuarios
Talleres de concienciación a la población cercana de las áreas identificadas.	No. de organizaciones civiles beneficiadas con los talleres	7 organizaciones beneficiadas													Alcaldía y Gobernación. Apoya CVC
Ajuste de determinantes ambientales de acuerdo con los resultados del PORH	No. de determinantes ambientales de PORH ajustadas	100% de Determinantes ambientales ajustados													CVC
Acotamiento de la ronda hídrica	Ronda hídrica en acotamiento	100% de los predios priorizados													CVC

Tabla 5-4. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua

Línea Estratégica 3	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 1	Optimización de las Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR													
Objetivo General	Reducir contaminación hídrica de la uenca de la quebrada San Pedro mediante la intervención de sistemas de tratamiento de aguas residuales colectivas													
Objetivos Específicos	1. Realizar un diagnóstico y evaluación hidráulica de las PTAR de Buenos Aires y Guayabal													
	2. Optimizar PTAR Buenos Aires y Guayabal													
	3. Realizar evaluación y seguimiento a las PTAR													
	4. Realizar el fortalecimiento de capacidades en operación y mantenimiento de las PTAR's													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Diagnóstico y evaluación hidráulica de las PTAR	PTAR: Buenos Aires, y Guayabal Optimizadas con eficiencias acorde con lo establecido en la Resolución 631 de 2015	Dos sistemas PTAR optimizados: Buenos Aires y Guayabal												Alcaldía Municipal - APOYA: CVC
Optimización de las PTAR evaluando estrategias de reuso del agua tratada													Alcaldía Municipal - APOYA: CVC -	
Evaluación y seguimiento de las plantas de tratamiento optimizadas														Alcaldía Municipal - APOYA: CVC -
Fortalecimiento de capacidades en operación y mantenimiento de las PTAR														Alcaldía Municipal - APOYA: CVC -

Tabla 5-5. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)

Línea Estratégica 3	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 2	Optimización de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Individuales													
Objetivo General	Reducir contaminación hídrica de la cuenca de la quebrada San Pedro mediante la intervención de sistemas de tratamiento de aguas residuales individuales													
Objetivos Específicos	1. Diseñar alternativas de tratamiento de aguas residuales individuales													
	2. Realizar la construcción de sistemas individuales de tratamiento tramos III y IV según el consolidado que se encuentra como anexo al PORH													
	3. Realizar el fortalecimiento de capacidades en mantenimiento y operación a sistemas de tratamiento construidos													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO						LARGO
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11-20
Requerimiento de los permisos de vertimientos a usuarios individuales	No. de requerimientos	Siete Usuarios requeridos para implementar STAR												CVC
Diseño de sistemas individuales de tratamiento según el consolidado que se encuentra como anexo al PORH	No. de alternativas de saneamiento individuales construidos	Siete (7) sistemas individuales en zona rural implementados												Alcaldía de San Pedro - Usuarios- APOYA: CVC –
Construcción de sistemas individuales de tratamiento														Alcaldía de San Pedro - Usuarios- APOYA: CVC –
Fortalecimiento de capacidades en operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento individuales construidos														

Tabla 5-6. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)

Línea Estratégica 3	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 3	Reducción de la contaminación de las fuentes hídricas													
Objetivo General	Reducir contaminación hídrica de la acequia La Fortuna tributaria de la quebrada San Pedro													
Objetivos Específicos	1. Realizar el diagnóstico de la acequia La Fortuna													
	2. Implementar las acciones de saneamiento en la acequia La Fortuna según el diagnóstico													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Diagnóstico acequia la Fortuna	1 diagnóstico realizado	Acequia la fortuna diagnosticada												CVC
Implementación de las acciones de saneamiento	% de acciones implementadas	100% Acciones alcanzadas												Usuarios APOYA: CVC

Tabla 5-7. Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua (Continuación)

Línea Estratégica 3	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 4	Saneamiento urbano													
Objetivo General	Preservar la calidad de la quebrada San Pedro en zona urbana													
Objetivos Específicos	1. Implementar el PSMV													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Implementar el PSMV	% de avance de ejecución del PSMV	100%												Persona Prestadora del servicio de alcantarillado y actividades complementarias APOYA: alcaldía de San Pedro
Optimización de la STAR Villas de Belén (Agüitas) identificado en el PSMV VPC No.2	Cumplimiento objetivo de calidad No. de PTAR optimizadas	STAR optimizada												Usuarios APOYO: Alcaldía San Pedro y CVC

Tabla 5-8 Línea estratégica 3: Gestión de la calidad del agua

Línea Estratégica 4	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 1	Monitoreo de la calidad y cantidad de la quebrada San Pedro													
Objetivo General	Optimizar el programa de monitoreo del recurso hídrico existente de la quebrada San Pedro en función del seguimiento de los objetivos de calidad establecidos y de la actualización del modelo de calidad del agua													
Objetivos Específicos	1. Implementar una red de monitoreo de calidad en función del programa de seguimiento establecido en la fase de formulación del PORH													
	2. Instalar un sistema de medición de cantidad de agua en el tramo 1 de la quebrada San Pedro													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables
			CORTO					MEDIANO					LARGO	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Ejecución de la campaña de monitoreo de calidad fisicoquímica y microbiológica según el programa de seguimiento y monitoreo del PORH	Número de campañas de monitoreo realizadas por año	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 por año	Realizar 20 campañas de monitoreo en el horizonte de la planificación del PORH para el seguimiento al estado de los ecosistemas hidrobiológicos											10 monitoreos	CVC
Medición sistemática de la cantidad del agua en el Tramo I	Medición del caudal L/s por día	Reporte diario de caudales												ACUAVALLE y Acueducto Los Chancos - CVC
Monitoreo de la calidad y cantidad del agua con propósito de actualización de la herramienta de	Número de optimizaciones del modelo de calidad de agua de la quebrada	Realizar una optimización del modelo de calidad del agua cada 5 años, 4 en 20 años											2 campañas	CVC

Línea Estratégica 4	Gestión de la calidad del agua de la quebrada San Pedro													
Programa 1	Monitoreo de la calidad y cantidad de la quebrada San Pedro													
Objetivo General	Optimizar el programa de monitoreo del recurso hídrico existente de la quebrada San Pedro en función del seguimiento de los objetivos de calidad establecidos y de la actualización del modelo de calidad del agua													
Objetivos Específicos	1. Implementar una red de monitoreo de calidad en función del programa de seguimiento establecido en la fase de formulación del PORH													
	2. Instalar un sistema de medición de cantidad de agua en el tramo 1 de la quebrada San Pedro													
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO						LARGO
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11-20
modelación al final de cada quinquenio														
Evaluación de la red del monitoreo hidro climatológico para la cuenca Media-Alta	Evaluación de red de monitoreo	Red de Monitoreo hidro climatológico evaluada											CVC	

Tabla 5-9. Línea estratégica 4: Participación comunitaria y cultura del agua

Línea Estratégica 5	Participación comunitaria y cultura del agua														
Programa 4	Gobernanza en los territorios del agua y restauración de humedales														
Objetivo General	Fortalecimiento de la Gobernanza para mejorar la gestión del agua														
Objetivos Específicos	1. Implementar acciones de recuperación participativa de los humedales														
	2. Brindar a los participantes herramientas para la conservación de los recursos hídricos														
Acciones	Indicadores	Meta	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables	
			CORTO					MEDIANO				LARGO			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20		
Capacitación a Instituciones educativas públicas y privadas ubicadas en el municipio de San Pedro sobre uso eficiente y ahorro del agua y cuidado del entorno para	No. de PRAES articulados al programa de gobernanza de los territorios de agua	50% de los PRAES articulados al programa de Gobernanza de los territorios de agua													Gobernación – Alcaldía Municipal – ACUAVALLE APOYA: CVC – usuarios APOYA: alcaldía de San Pedro
Articulación del programa de gobernanza de los territorios del agua con los PRAES para la restauración de áreas de importancia ecosistémica	Programa de Gobernanza de los Territorios del agua y restauración de humedales en desarrollo	100% del programa de Gobernanza de los territorios de agua desarrollado													CVC APOYA: Gobernación - Alcaldía Municipal – ACUAVALLE Usuarios APOYO: Alcaldía San Pedro y CVC

6 Articulación del PORH con los instrumentos de planificación

Es importante tener en cuenta lo establecido en el párrafo 1° del artículo 2.2.3.3.1.8 del Decreto 1076 de 2015, en cuanto a que el PORH deberá definir la conveniencia de adelantar la reglamentación del uso de las aguas, y la reglamentación de vertimientos según lo dispuesto en el presente decreto, o de administrar el cuerpo de agua a través de concesiones de agua y permisos de vertimiento. Así mismo, el PORH dará lugar al ajuste de la reglamentación del uso de las aguas, de la reglamentación de vertimientos, de las concesiones, de los permisos de vertimiento, de los planes de cumplimiento y de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos y de las metas de reducción, según el caso.

Lo anterior señala claramente que el ordenamiento del recurso, en este caso de la quebrada San Pedro, impacta directamente todos los procesos y actos administrativos relacionados con los objetivos de calidad y el uso y aprovechamiento de las aguas, por lo tanto, los derechos de los usuarios que han sido objeto anteriormente de concesiones, permisos de vertimiento, entre otros.

La ruta de articulación propuesta involucra la escala jerárquica de los instrumentos de planificación, reconociendo la gobernanza por el agua como instrumento bisagra y la importancia de la ejecución del componente programático para cumplir los objetivos de calidad, para garantizar la sustentabilidad del recurso hídrico, la conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres que intervienen en la regulación de la oferta hídrica, contribuyen a desarrollo y el bienestar social (Figura 71).

6.1 Armonización del PORH con el Plan de ordenación de la cuenca hidrográfica de la quebrada San Pedro:

Se precisa que a la luz del acuerdo del Acuerdo 047 de 2022, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca actualiza la priorización para las subzonas hidrográficas de la vertiente Cauca y Pacífico para su ordenación y manejo, valorando como prioridad muy alta la Subzona Hidrográfica Guadalajara-San Pedro. Si bien, en la formulación del PORH se tuvo en cuenta los determinantes ambientales definidos por el Plan de Ordenamiento de la Cuenca hidrográfica de la quebrada San Pedro, aprobado mediante la Resolución 0100 No. 520 – 227 de fecha 29 de abril de 2008, en el proceso de actualización o ajuste de este instrumento de planificación deberá ser contemplada la información de detalle aportada por el PORH y sus determinantes ambientales y líneas estratégicas.

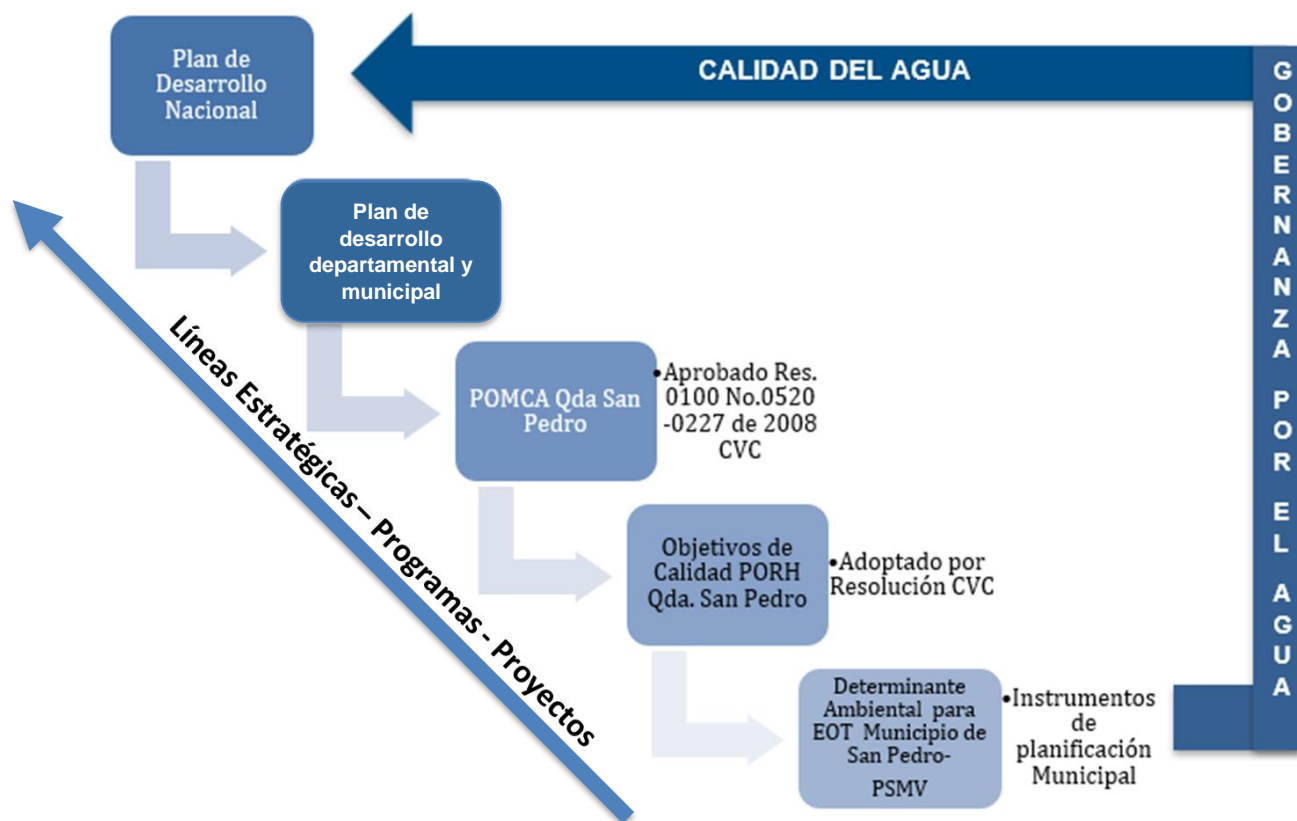


Figura 71. Ruta de articulación para los instrumentos de planificación

6.2 Reglamentación de los usos del agua de la quebrada San Pedro

Teniendo en cuenta lo establecido en el parágrafo 1° del artículo 2.2.3.3.1.8 del Decreto 1076 de 2015, y como resultado de la formulación del PORH, se deberá adelantar el proceso de actualización de la Resolución No. SGA - 014 de 30 enero de 2002 “Por la cual se reglamenta en forma general el uso del agua de la quebrada San Pedro cuyas aguas discurren en jurisdicción del municipio de San Pedro, en el departamento del Valle del Cauca”.

6.3 Plan de saneamiento y manejo de vertimientos - PSMV

Se requiere la implementación del PSMV del área urbana del municipio de San Pedro con relación a la ejecución de las obras proyectadas en el horizonte de tiempo establecido.

6.4 Articulación del PORH con el Esquema de Ordenamiento Territorial - EOT

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.

6.5 Restricciones y condicionantes

Para alcanzar los objetivos de calidad y cantidad propuestos en la quebrada San Pedro, se requiere implementar las acciones que se encuentran consolidadas en las líneas estratégicas del plan de acción propuesto en el PORH. Estas líneas se definen de la siguiente manera: Gestión de la oferta, gestión de la demanda, gestión de la calidad y fortalecimiento de procesos de participación social y comunitaria. En estas líneas se establecen actividades encaminadas a la conservación y protección de los servicios ecosistémicos, la preservación del caudal ambiental, acotamiento de rondas hídricas, gestión del riesgo, participación comunitaria y gestión de la calidad del agua. Esta serie de acciones requieren la articulación de los actores sociales desde los puntos de vista ambiental, económico, político y sociocultural para su cumplimiento, en un marco de sostenibilidad, por lo tanto, se plantea que estas acciones se deben adelantar de manera escalonada.

Los resultados del diagnóstico del PORH de la quebrada San Pedro muestran la muy alta presión de la demanda de agua sobre la oferta hídrica disponible, situación que se acentúa como consecuencia de la alta vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento de agua, identificada para esta cuenca. Por tanto, se requiere adelantar, como una acción prioritaria, la optimización de la demanda tendiente al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico en la cuenca, llevando a cabo las estrategias que permiten gestionar el déficit hídrico asociado a la oferta neta limitada de la quebrada San Pedro, con el fin de reducir el riesgo por desabastecimiento de agua para los diferentes usos como son el consumo humano, las actividades agropecuarias, la conservación de los ecosistemas y el riesgo sanitario.

Así, dadas las condiciones de la oferta hídrica disponible de la fuente, no sería viable otorgar nuevos permisos de extracción o concesión de agua en todos los tramos de la quebrada San Pedro a usuarios que a la fecha de adopción del PORH no cuenten con concesión de agua, con excepción de aquellos que demuestren ser usuarios de esta corriente, para consumo humano o doméstico. De igual forma, se requiere adelantar la revisión y la actualización de la reglamentación por uso del agua la quebrada San Pedro establecida mediante la Resolución No SGA – 014 de 30 de enero de 2002.

En las épocas de estiaje en donde la oferta hídrica disponible es insuficiente para el abastecimiento de los diferentes usos que cuentan con concesión de agua, se deberá implementar medidas operativas y de uso eficiente del agua. Y, tener en cuenta que el uso doméstico tiene prioridad sobre los demás usos, por lo que se deberá adelantar el abastecimiento, para los demás usos, por turnos, considerando fuentes de alternativas de agua.

Por otra parte, el análisis de calidad del agua llevado a cabo en la fase de diagnóstico evidencia que la fuente hídrica presenta limitaciones en cuanto a la calidad microbiológica para el uso más restrictivo como lo es el uso recreativo de contacto primario. No obstante, se ha planteado una gradualidad en la implementación de acciones priorizando, en el período del presente PORH, las remociones de carga contaminante representada en los parámetros de DBO₅ y SST de los centros poblados nucleados que aportan carga contaminante sobre la quebrada. Si bien estas acciones tienen impacto positivo en la calidad de la fuente hídrica, no tienen un impacto significativo en cuanto a la calidad microbiológica, por tanto, el uso recreativo de contacto primario se encuentra restringido, puesto que la fuente no cuenta con la calidad para este uso.

Con el fin de proteger la calidad del agua requerida para el uso actual de consumo humano y doméstico realizado en el tramo I de la quebrada San Pedro, se clasifica este tramo, comprendido desde el nacimiento en el kilómetro 0, hasta la Derivación 2 Los Chancos en el kilómetro 7.83 como “Clase I”. Esta clasificación indica que no se admiten vertimientos en este tramo. El uso de consumo humano y doméstico requiere contar con barreras de seguridad correspondientes al tratamiento convencional.

Los tramos II y III de la quebrada San Pedro se clasifican como “Clase II”. En estos tramos, la viabilidad de los vertimientos se definirá a través de los permisos de vertimiento, en donde se evaluará que los vertimientos no comprometan el cumplimiento de los objetivos de calidad definidos en el PORH.

7 Bibliografía

Universidad del Valle y CVC, (2023). Documento técnico de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de la Quebrada San Pedro