



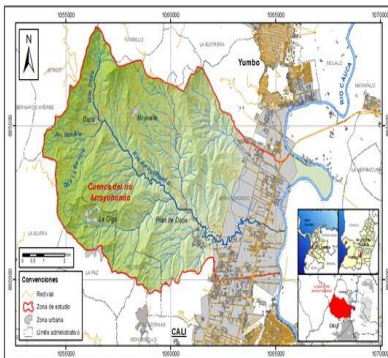
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA -
CVC**

DIRECCIÓN TÉCNICA AMBIENTAL

**FUNDACION PROFESIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA
- PROAGUA**

**PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH DEL
RÍO ARROYOHONDO Y TRIBUTARIOS QUEBRADA EL RINCÓN Y
LA SONORA**

Diciembre de 2019





Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	7
1. Fase I. Declaratoria.....	7
2. Fase II. Diagnóstico.....	7
2.1 Área de ordenamiento.....	8
2.2 Estrategia de participación en la formulación del PORH del río Arroyohondo.....	10
2.3 Localización y caracterización de las redes hidrometereológicas y de calidad existentes.....	11
2.3.1 Red hidrometeorológica.....	11
2.3.2 Red de monitoreo de calidad.....	12
2.4 Oferta hídrica de la subcuenca del río Arroyohondo.....	13
2.4.1 Caudales para la cuenca del río Arroyohondo y áreas de drenaje.....	13
2.4.2 Caudal ambiental.....	15
2.4.3 Caudal de oferta disponible.....	15
2.5 Determinación de la demanda hídrica total (Dht).....	16
2.6 Usos y usuarios del agua.....	18
2.6.1 Identificación de usos existentes y obras hidráulicas.....	19
2.6.2 Inventario de usuarios del recurso hídrico.....	19
2.6.3 Sistemas y/o obras hidráulicas de captación.....	20
2.6.4 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano - PTAP.....	20
2.6.5 Inventario de Sistemas de tratamiento de aguas residuales – PTAR.....	21
2.6.6 Obras de ocupación del cauce.....	22
2.6.7 Usos del agua definidos en las Resoluciones No. 016 de 2002 y Resolución No. 0678 de 2014.....	22
2.7 Indicadores de presión sobre el recurso hídrico superficial.....	23
2.7.1 Índice de Uso del Agua (IUA).....	23
2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica IRH.....	24
2.7.3 Índice de Aridez – IA.....	26
2.7.4 Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH).....	26
2.8 Riesgo asociado a la reducción de oferta.....	28
2.9 Análisis de conflictos actuales de uso del recurso hídrico.....	29
2.10 Calidad del agua.....	29
2.10.1 Diseño y ejecución del plan de monitoreo de cantidad y calidad el cuerpo de agua objeto de ordenamiento.....	29

2.10.2 Resultados monitoreo de cantidad	30
2.11 Índices de calidad y contaminación	31
2.11.1 Índices de calidad históricos	32
2.11.2 Índices de calidad año 2018	32
2.12 Riesgo asociado a la reducción de la disponibilidad	34
2.13 Clasificación de los usos actuales	36
2.14 Determinación de cargas contaminantes vertidas al río Arroyohondo	38
2.14.1 Inventario de información de generadores de vertimientos	38
2.15 Determinación del caudal y cargas de los vertimientos de ARD	39
2.15.1 Determinación de cargas de vertimientos de aguas residuales de origen institucional, industrial y cafetero	39
2.16 Perfiles de calidad	40
2.16.1 Perfiles de evolución temporal en las estaciones de monitoreo del río Arroyohondo	40
2.16.2 Perfiles de calidad año 2018	42
3. Fase III. Identificación de usos potenciales: Prospectiva	47
3.1 Proyección de la demanda total de agua para el río Arroyohondo	47
3.2 Modelación de calidad de agua	49
3.2.1 Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad del agua	49
3.3 Formulación y simulación de escenarios	50
3.4 Identificación de usos potenciales del recurso hídrico	54
3.5 Clasificación de los cuerpos de agua en ordenamiento	56
3.6 Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por usos	57
3.7 Reducción de cargas contaminantes	59
4 Fase IV Formulación del PORH	60
4.1 Programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico en el río Arroyohondo	60
4.1.2 Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad por parte de los usuarios (captaciones y vertimientos)	62
4.1.3 Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación	63
4.2 Estructura del componente programático del PORH del río Arroyohondo	63
4.3 Articulación con el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica POMCA	
02631 77	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación río Arroyohondo y quebradas La Sonora y El Rincón en la estructura hidrográfica de la cuenca.....	8
Tabla 2. Áreas de drenaje.....	9
Tabla 3. Síntesis de la Estrategia de Participación	10
Tabla 4. Información de las estaciones climatológicas seleccionadas para precipitación. 11	
Tabla 5. Puntos de monitoreo de calidad del agua sobre el cauce del río Arroyohondo... 13	
Tabla 6. Caudal medio mensual multianual de la cuenca del río Arroyohondo y las áreas de drenaje.....	14
Tabla 7. Caudal ambiental para la cuenca y áreas de drenaje río Arroyohondo.....	15
Tabla 8. Oferta hídrica disponible para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.	15
Tabla 9. Demanda de agua por uso agrícola para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo	16
Tabla 10. Demanda de agua por uso doméstico para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.	17
Tabla 11. Demanda de Agua para uso industrial para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.	18
Tabla 12. Demanda total para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.	18
Tabla 13. Clasificación de uso del recurso hídrico del río Arroyohondo	19
Tabla 14. Plantas de tratamiento de agua para consumo humano.....	20
Tabla 15. Sistemas de tratamiento de agua para consumo humano.....	21
Tabla 16. Sistemas de tratamiento de aguas residuales	21
Tabla 17. Rangos y categorías para la evaluación del Índice del Uso del Agua.....	23
Tabla 18. Valores IUA para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo.....	24
Tabla 19. Categorías de IRH.	24
Tabla 20. Índice de retención y regulación hídrica por tramos.	26
Tabla 21. Rangos de clasificación del Índice de Aridez.....	26
Tabla 22. Categorías del IVH.....	27
Tabla 23. Categorías del IVH para la cuenca del río Arroyohondo.....	28
Tabla 24. Matriz de relación entre amenaza y vulnerabilidad para categorizar el riesgo. . 28	
Tabla 25. Categoría por tramos para el IUA, IRH e IVH.....	28
Tabla 26. Amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por tramo.	29
Tabla 27. Situaciones ambientales categorizadas	29
Tabla 28. Caudales aforados en puntos de monitoreo.	30
Tabla 29. Valoración del índice de calidad ICA CTESB por tramos	35
Tabla 30. Amenaza, vulnerabilidad y asociado a la reducción de oferta por tramo	36
Tabla 31. Clasificación de usos actuales del recurso hídrico del río Arroyohondo	37
Tabla 32. Número de habitantes por cada centro poblado o grupo de población	38

Tabla 33. Caudal y cargas de los vertimientos de ARD al río Arroyohondo	39
Tabla 34. Caudal y cargas de los vertimientos de ARnD al río Arroyohondo	40
Tabla 35. Resumen de vertimientos.....	40
Tabla 36. Proyección de población al 2028 de las veredas y centros poblados de la zona de estudio	47
Tabla 37. Proyección demanda de agua para uso doméstico por tramos	48
Tabla 38. Proyección demanda de agua para uso doméstico para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo	48
Tabla 39. Acciones propuestas para mejorar la calidad del agua del río Arroyohondo.....	51
Tabla 40. Proyecciones de población para corto, mediano y largo plazo	51
Tabla 41. Usos actuales y potenciales del recurso hídrico	56
Tabla 42. Clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos	57
Tabla 43. Clasificación de las aguas río Arroyohondo, quebrada El Rincón y La Sonora.	57
Tabla 44. Usos y criterios de calidad para la corriente principal del río Arroyohondo y tributarios quebrada La Sonora y quebrada El Rincón.	58
Tabla 45. Cargas contaminante máximas permisibles de DBO ₅ y SST a ser vertidas por las poblaciones al río Arroyohondo, con el propósito de cumplir los objetivos de calidad del agua en los tramos del estudio definidos (Escenario 7 año 2040).....	59
Tabla 46. Variables de calidad a monitorear en el río Arroyohondo.	60
Tabla 47. Ubicación de los puntos de monitoreo para realizar el seguimiento de los objetivos y criterios de calidad.	62
Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio	9
Figura 2. Áreas de drenaje sobre el cauce del río Arroyohondo.....	9
Figura 3. Localización red climatológica.....	12
Figura 4. Puntos de monitoreo - río Arroyohondo	14
Figura 5. . Mapa con localización de concesiones y vertimientos presentados en la revisión de expedientes	19
Figura 6. Caudal captado del río Arroyohondo para diferentes usos según la a partir de Resolución 016 de 2002	22
Figura 7. Caudal captado de la quebrada El Rincón para diferentes usos según la Resolución 678 de 2014	22
Figura 8. Espacialización del índice de uso de agua para las áreas de drenaje del río Arroyohondo	25
Figura 9. Espacialización del índice de aridez.....	27
Figura 10. Resultados de los aforos en los puntos de monitoreo	31
Figura 11. ICA-CESTESB histórico en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo	32
Figura 12. ICA-CESTESB en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo	33
Figura 13. ICOMO en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo	34
Figura 14 . ICOSUS en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo	35
Figura 15. Riesgo por disponibilidad hídrica.	37
Figura 16. Perfil histórico de demanda química de oxígeno	41
Figura 17. Perfil histórico de sólidos totales	42
Figura 18 . Perfil de oxígeno disuelto en el agua del río Arroyohondo	43
Figura 19. Perfil de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y DBO5 en el agua del río Arroyohondo	44
Figura 20. Perfil de Sólidos Suspendedos Totales en el agua del río Arroyohondo.....	45
Figura 21. Perfil de Coliformes Totales en el agua del río Arroyohondo.....	46
Figura 22. Esquematación del río Arroyohondo para su modelación de calidad.....	49
Figura 23. Comparación de los escenarios de corto plazo.....	52
Figura 24. Comparación de los escenarios de mediano plazo	53
Figura 25. Comparación de los escenarios de largo plazo	54
Figura 26. Usos actuales del recurso hídrico	55
Figura 27. Ruta de articulación entre el POMCA y el PORH.....	78



PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO – PORH DEL RÍO ARROYOHONDO Y TRIBUTARIOS QUEBRADA EL RINCÓN Y LA SONORA

Introducción

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

Teniendo en cuenta lo anterior, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, suscribió con la Fundación PROAGUA, el Contrato No. 372 de 2018 cuyo objeto fue: “La formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del cauce natural del río Arroyohondo, como insumo para la administración del recurso hídrico”.

En este contexto, a continuación, se presenta el documento síntesis del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del río Arroyohondo que incluye los resultados obtenidos en el ejercicio de la formulación del PORH del río Arroyohondo llevado a cabo por la Fundación PROAGUA, con el fin de establecer las medidas de planificación en distintos escenarios del recurso hídrico tendientes a garantizar el sostenimiento de los recursos ecosistémicos y los usos actuales y potenciales en la unidad hidrográfica en mención.

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

- Fase de declaratoria
- Fase de diagnóstico
- Fase de identificación de usos potenciales
- Fase de elaboración del PORH del río Arroyohondo.

1. Fase I. Declaratoria

Mediante la Resolución 0100 No. 0690-0691 del 30 de agosto de 2018 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, declaró en ordenamiento el recurso hídrico del río Arroyohondo.

2. Fase II. Diagnóstico

Con el fin de caracterizar la situación ambiental actual del río Arroyohondo, 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 y otros aspectos que se muestran a continuación.

2.1 Área de ordenamiento

La zona de estudio para la formulación del presente PORH corresponde a la corriente principal del río Arroyohondo y las corrientes priorizadas correspondientes a las quebradas El Rincón y La Sonora. La cuenca del río Arroyohondo cuenta con un área de 55,56 Km², pertenece a la Unidad de Gestión de Cuenca (UGC) Yumbo – Arroyohondo – Mulaló – Vijes, la cual se encuentra en jurisdicción de la Dirección Ambiental Regional DAR suroccidente.

El río Arroyohondo se localiza en el sur del Departamento del Valle del Cauca, al norte de la ciudad de Cali, en la jurisdicción del municipio de Yumbo. El cauce inicia en las ramificaciones de la cordillera occidental y entrega sus aguas al río Cauca después de recorrer un trayecto de 15,18 Km. En la figura 1 se presenta la localización general y delimitación del área de estudio. En esta figura se resalta el tramo comprendido entre el punto de monitoreo de calidad 6 sobre la quebrada El Rincón, el punto de monitoreo 4 sobre la quebrada La Sonora y el punto de monitoreo 1 antes de la desembocadura en el río Cauca, el cual corresponde al área de trabajo.

La ubicación del río Arroyohondo y las quebradas La Sonora y El Rincón en la estructura hidrográfica de la cuenca se presenta en la Tabla 1, acorde con la clasificación del IDEAM para el área de influencia del proyecto.

Tabla 1. Ubicación río Arroyohondo y quebradas La Sonora y El Rincón en la estructura hidrográfica de la cuenca.

Área Hidrográfica	Código	Zona Hidrográfica	Código	Subzona Hidrográfica	Código	Nivel Subsiguiente	Código (Red Hídrica)
Magdalena – Cauca	2	Cauca	6	Ríos: Arroyohondo – Yumbo – Mulaló – Vijes – Yotoco – Media canoa y Piedras	31	Río Arroyohondo	263122500000
Magdalena – Cauca	2	Cauca	6	Ríos: Arroyohondo – Yumbo – Mulaló – Vijes – Yotoco – Media canoa y Piedras	31	Quebrada La Sonora	2631225010300
Magdalena – Cauca	2	Cauca	6	Ríos: Arroyohondo – Yumbo – Mulaló – Vijes – Yotoco – Media canoa y Piedras	31	Quebrada El Rincón	2631225010100

La Figura 2 se presenta las áreas de drenaje delimitadas sobre la cuenca del río Arroyohondo. De igual manera, en la Tabla 2 se observan los valores correspondientes a estas áreas.



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Tabla 2. Áreas de drenaje

Área de drenaje	Área en hectáreas
Zona alta río Arroyohondo	1889
Quebrada La Chorrera	881
Quebrada Pérez	955
Zona baja río Arroyohondo	2762

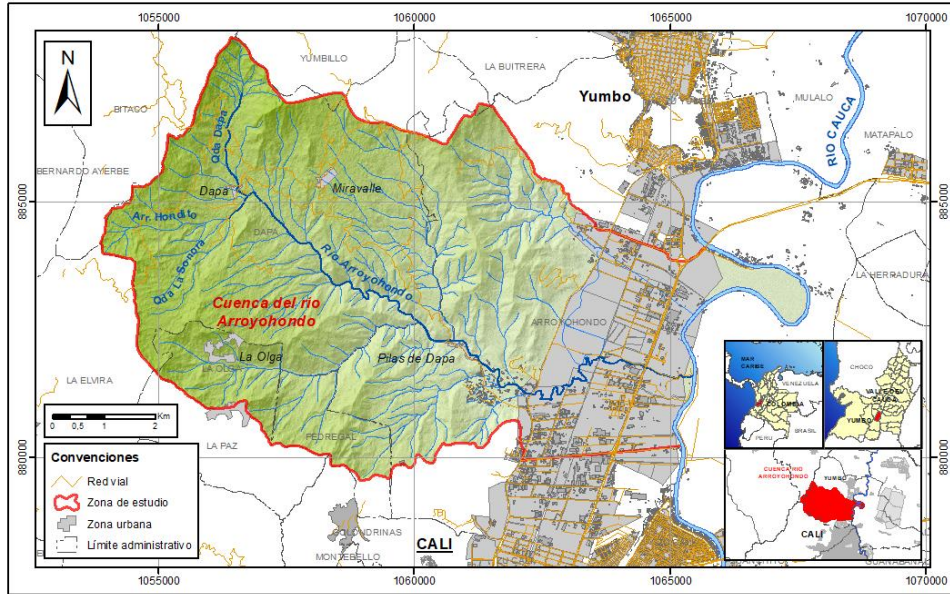


Figura 1. Localización del área de estudio

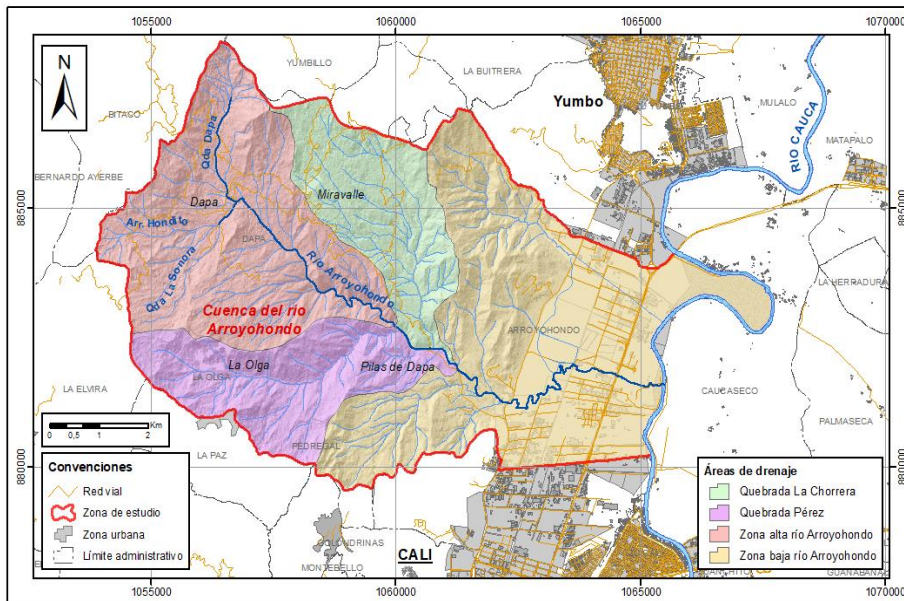


Figura 2. Áreas de drenaje sobre el cauce del río Arroyohondo

2.2 Estrategia de participación en la formulación del PORH del río Arroyohondo

Como insumo para el desarrollo del PORH del río Arroyohondo se llevó a cabo una estrategia de participación comunitaria, diseñada y ejecutada con los usuarios del río, mediante la cual se involucró a la comunidad en todos los aspectos del proyecto como se describe a en la tabla 3.

Tabla 3. Síntesis de la Estrategia de Participación

Fase	Pasos donde interviene el componente social	Descripción
Fase 1. Diagnóstico	Caracterización inicial. Identificación de usos existentes del recurso hídrico y obras hidráulicas en el cuerpo de agua.	Reunión de identificación preliminar de conflictos, a través de mesas de trabajo con el equipo de la Autoridad Ambiental competente conocedor de la zona. Identificación preliminar de actores estratégicos.
		Descripción general de contexto socioeconómico del área de estudio. Análisis de problemas sociales y conflictos de uso del recurso hídrico a partir de información de base de datos o registros de peticiones, quejas y reclamos consolidados como mínimo en el último año (CVC), (a partir de información secundaria existente, documental y a escala disponible).
	Diseño estrategia de participación. Que permita integrar el conjunto de actores sociales y étnicos (si es el caso), representativos para el proceso de ordenamiento e implementación del PORH.	Visita de reconocimiento y reunión de acercamiento con actores clave previamente identificados.
		Revisión de información documental.
		Formulación de estrategia de participación.
	Línea base. Implementación de estrategia de participación	Reunión de socialización de inicio del proyecto.
		Taller de análisis de conflictos actuales de uso del recurso hídrico por calidad y riesgos asociados.
	Sistematización de resultados de la estrategia de participación en la fase.	
Fase 2. Identificación de Usos Potenciales	Proyección de demanda. Información socioeconómica clave: crecimiento demográfico,	Recorrido y taller con actores para análisis de usos del suelo, recurso hídrico y proyectos de saneamiento y abastecimiento.

Fase	Pasos donde interviene el componente social	Descripción
	dinámicas poblacionales, desarrollo socioeconómico que incida en aumento de la demanda, proyectos de abastecimiento y saneamiento	Síntesis de indicadores y descripción de información clave.
		Reunión de socialización de avances fase 1 y fase 2.
		Sistematización de resultados de la estrategia de participación en la fase.
Fase 3. Elaboración del Plan de Ordenamiento	Definición o ajuste de metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes y estructuración del componente programático del Plan de ordenamiento del recurso hídrico	Taller de propuestas de metas de reducción de cargas contaminantes, componente programático del plan y acciones para su divulgación.
		Presentación de resultados finales
		Sistematización de resultados de la estrategia de participación en la fase.

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

2.3.1 Red hidrometeorológica

En la Tabla 4 y Figura 3 se observa la ubicación de las estaciones climatológicas idóneas, seleccionadas dentro y cerca del área de trabajo y la categoría a la cual pertenecen, las cuales fueron utilizadas para la caracterización climatológica. Se presenta en detalle las fechas de instalación, código, categoría y estado actual, destacando que todas se encuentran activas.

Tabla 4. Información de las estaciones climatológicas seleccionadas para precipitación.

Código	Nombre Estación	Categoría	Variables Medidas	Estado	Municipio	Institución	Fecha de Instalación
2612700203	Aepto A.Bonilla	CO	Precipitación, Evaporación, Temperatura y Brillo Solar	Activa	Palmira	IDEAM	15/06/1971
2622500201	Arroyohondo	CO	Precipitación, Evaporación, Temperatura y Brillo Solar	Activa	Yumbo	CENICAÑA	01/12/1996
2622420103	Aguacatal	PG	Precipitación	Activa	Cali	CVC	01/03/1971
2622500101	Dapa	PM	Precipitación	Activa	Yumbo	CVC	01/06/1971
2622420102	San Pablo	PM	Precipitación	Activa	Cali	CVC	01/12/1969
2622420101	Aguacatal - Montebello	PM	Precipitación	Activa	Cali	CVC	01/07/1969



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Código	Nombre Estación	Categoría	Variables Medidas	Estado	Municipio	Institución	Fecha de Instalación
2622600201	La Buitrera	CO	Precipitación, Evaporación, Temperatura y Brillo Solar	Activa	Yumbo	CVC	01/01/1979

CO: Climatológicas, PG: Pluviograficas y PM: Pluviométricas

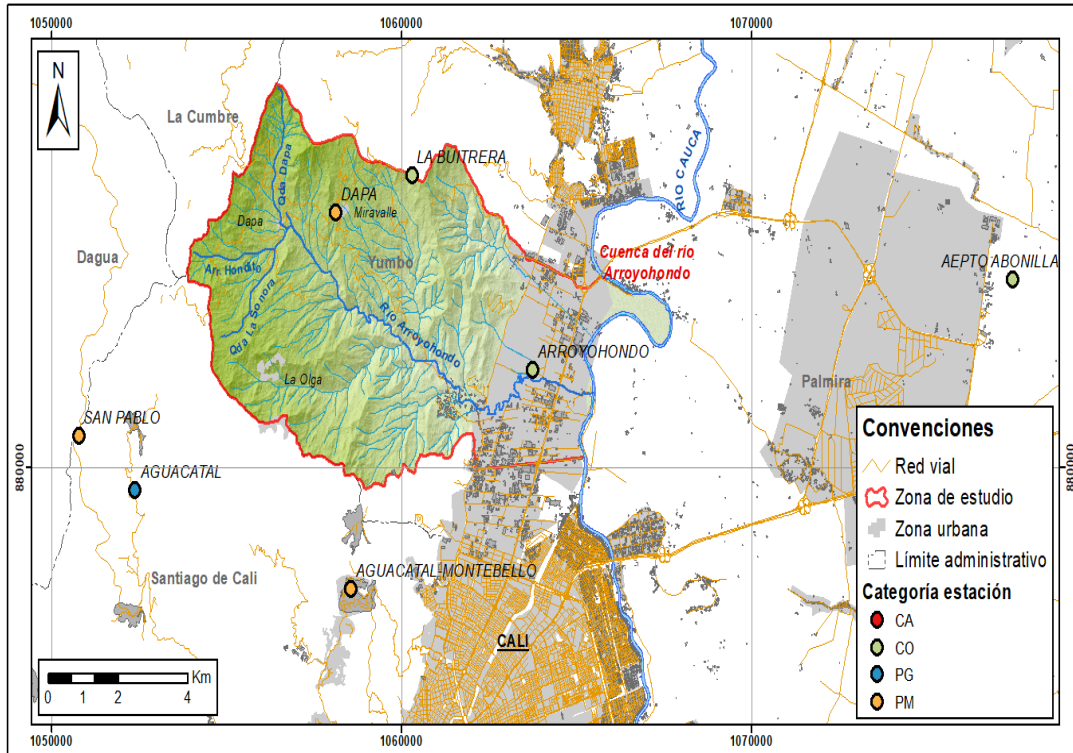


Figura 3. Localización red climatológica

2.3.2 Red de monitoreo de calidad

La Corporación Autónoma CVC no cuenta con infraestructura de estaciones de calidad del agua en la subcuenca del río Arroyohondo. El laboratorio ambiental realiza monitoreos en 6 puntos localizados a lo largo del cauce. La frecuencia de monitoreo es dos veces por año. En la Tabla 5 se presenta el detalle de los puntos de monitoreo, nombre, coordenadas y variables medidas.

Tabla 5. Puntos de monitoreo de calidad del agua sobre el cauce del río Arroyohondo

Punto	Nombre	Variables medidas	Coordenadas	
			Norte	Este
6	Quebrada El Rincón	Temperatura Ambiente, pH, Temperatura, Conductividad Eléctrica, Turbiedad, Color Aparente, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Disueltos, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Oxígeno Disuelto, Alcalinidad Total, Alcalinidad a la Fenoltaleína, Carbonatos, Bicarbonatos, Dureza Total, Dureza Cálcica, Dureza Magnésica, Calcio, Magnesio, Cloruros, Nitratos (como N-NO ₃), Nitratos (como NO ₃), Nitritos (como N-NO ₂), Nitritos (como NO ₂), Sulfatos, Fosfatos, Fósforo Total, Coliformes Totales, Coliformes Fecales (Termotolerantes).	887126.98	1056645.51
5	Santa Clara		885148.12	1055467.6
4	La Sonora		884635.62	1056350.6
3	Arroyohondo		885102.76	1056770.09
2	Las Pilas		882260.53	1060645.24
1	Antes desembocadura al río Cauca		881553.88	1065414.38

2.4 Oferta hídrica de la subcuenca del río Arroyohondo

La oferta hídrica (superficial y/o subterránea) es la cantidad de agua susceptible de ser aprovechada para diferentes fines en un territorio. Para la estimación de caudales se utilizó la metodología de transposición de caudales, tomando los registros de caudal generados por la CVC para la tercera derivación en la cuenca del río Arroyohondo y se definió en este proyecto el parteaguas de la cuenca teniendo en cuenta como drenan las aguas en la parte plana (zona industrial Arroyohondo) de la cuenca. En la Figura 4 se presenta el parteaguas definido y los puntos de monitoreos.

2.4.1 Caudales para la cuenca del río Arroyohondo y áreas de drenaje

El caudal medio mensual multianual, para la cuenca y las áreas de drenaje del río Arroyohondo se presentan en la Tabla 6, los cuales se encuentran entre 331,4 a 665,9 l/s y el caudal anual es de 490,1 l/s. El área de drenaje que reporta el mayor caudal anual es la zona baja río Arroyohondo con una magnitud de 200,6 l/s y el más bajo en la cuenca de la quebrada La Chorrera con 79,9 l/s. Los caudales más altos para las áreas de drenaje y cuenca se presentan en el mes de mayo y los más bajos en el mes de septiembre.



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

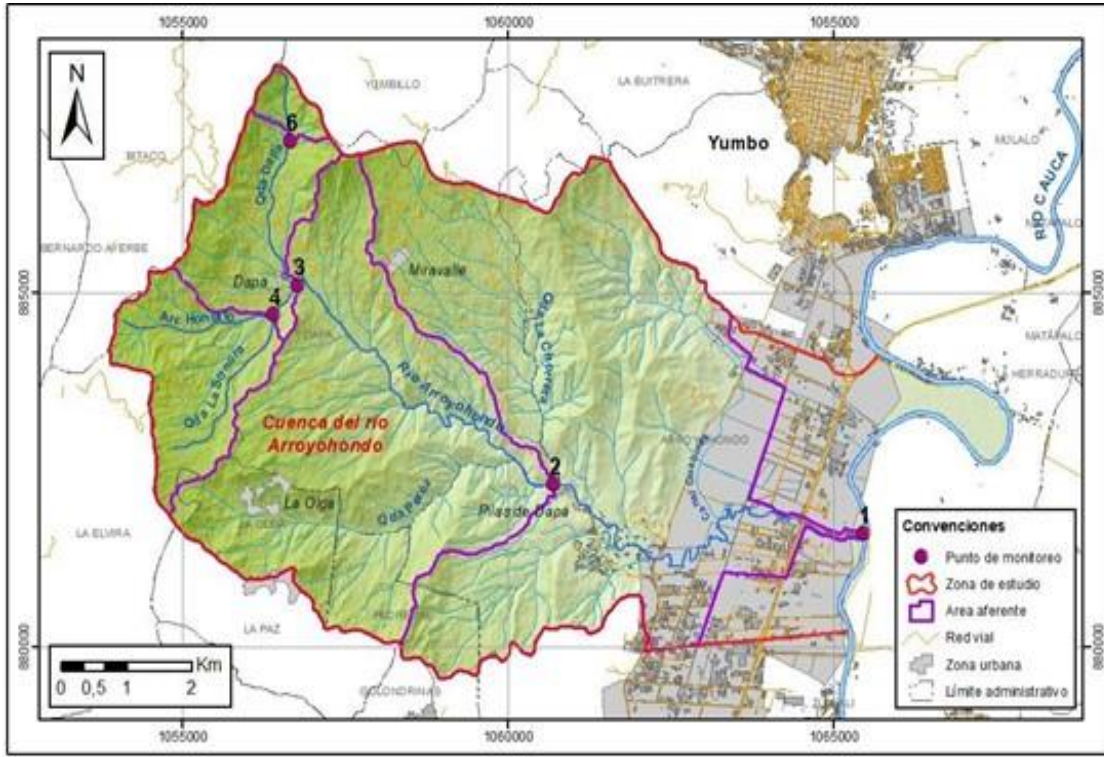


Figura 4. Puntos de monitoreo - río Arroyohondo

Tabla 6. Caudal medio mensual multianual de la cuenca del río Arroyohondo y las áreas de drenaje.

Cuenca y áreas de drenaje	Caudal (l/s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cuenca río Arroyohondo	550,6	515,1	533,0	634,1	665,9	488,6	402,9	352,5	331,4	390,3	500,9	516,1	490,1
Zona alta río Arroyohondo	156,8	157,2	155,2	185,9	205,0	159,1	117,3	110,4	107,0	121,0	155,4	150,3	148,4
Zona baja río Arroyohondo	229,3	209,2	226,9	267,0	271,2	188,2	171,6	144,1	123,9	155,7	199,9	219,7	200,6
Río Arroyohondo Unión quebradas	80,0	209,2	226,9	267,0	271,2	188,2	171,6	144,1	123,9	155,7	199,9	219,7	188,1
Cuenca de la quebrada La Chorrera	127,8	82,5	78,1	93,5	103,6	80,9	59,0	62,5	56,8	60,9	78,1	75,6	79,9
Cuenca de la quebrada Pérez	92,7	103,4	107,9	89,2	96,3	73,4	74,4	62,5	50,4	83,5	101,9	119,9	88,0

2.4.2 Caudal ambiental

De acuerdo con el Decreto único 1076 de 2015, 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.

Para el cálculo del caudal ambiental se incorporó la determinación del factor de reducción para mantener el régimen de estiaje - R_e , recomendado en el documento Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial (2004). El valor de R_e define el porcentaje de caudal que se debe mantener en las corrientes, asociado al régimen de caudales característicos de la misma. El caudal ambiental para la cuenca y áreas de drenaje se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Caudal ambiental para la cuenca y áreas de drenaje río Arroyohondo.

Cuenca y áreas de drenaje	Caudal Ambiental (l/s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cuenca río Arroyohondo	99,1	92,7	95,9	114,1	119,9	88,0	72,5	63,5	59,7	70,3	90,2	92,9	88,2
Zona alta río Arroyohondo	28,2	28,3	27,9	33,5	36,9	28,6	21,1	19,9	19,3	21,8	28,0	27,1	26,7
Zona baja río Arroyohondo	41,3	37,7	40,8	48,1	48,8	33,9	30,9	25,9	22,3	28,0	36,0	39,6	36,1
Cuenca de la quebrada La Chorrera	23,0	14,9	14,0	16,8	18,6	14,6	10,6	11,2	10,2	11,0	14,1	13,6	14,4
Cuenca de la quebrada Pérez	16,7	18,6	19,4	16,1	17,3	13,2	13,4	11,3	9,1	15,0	18,3	21,6	15,8

2.4.3 Caudal de oferta disponible

En la Tabla 8 se presenta la oferta hídrica disponible para la cuenca y las áreas de drenaje, el cual se obtuvo realizando la resta entre los caudales medios mensuales y el caudal ambiental. La oferta hídrica disponible anual para la cuenca es de 401,9 l/s y para las áreas de drenaje se encuentra entre 65,5 y 164,5 l/s. El mes con mayor oferta es el mes de mayo y el de menor oferta es septiembre que son los meses con mayor y menor precipitación en la cuenca.

Tabla 8. Oferta hídrica disponible para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.

Cuenca o Subcuenca	Oferta Hídrica Disponible (l/s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Cuenca río Arroyohondo	451,5	422,4	437,1	519,9	546,0	400,7	330,4	289,1	271,8	320,1	410,8	423,2	401,9
Zona alta río Arroyohondo	128,6	128,9	127,3	152,4	168,1	130,5	96,2	90,5	87,8	99,2	127,4	123,2	121,7
Zona baja	188,0	171,5	186,1	218,9	222,4	154,3	140,7	118,2	101,6	127,7	163,9	180,2	164,5

Cuenca o Subcuenca	Oferta Hídrica Disponible (l/s)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
río Arroyohondo													
Cuenca de la quebrada La Chorrera	104,8	67,7	64,0	76,6	84,9	66,4	48,4	51,2	46,6	49,9	64,1	62,0	65,5
Cuenca de la quebrada Pérez	76,0	84,8	88,5	73,2	78,9	60,2	61,0	51,3	41,4	68,5	83,6	98,3	72,1

Fuente: Elaboración propia a partir de la información proporcionada por CVC, Proagua 2018

2.5 Determinación de la demanda hídrica total (DHT)

En el marco del Estudio Nacional del Agua ENA 2010, se define como demanda de agua la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos y se define como el agua extraída consumida más el agua extraída no consumida. Para la zona de estudio se calcularon la demanda de agua por uso agrícola, industrial y doméstico.

Demanda de agua por Uso Agrícola (DUA). Para determinar esta demanda se utilizó el ráster de cobertura vegetal suministrado por la CVC y el uso consuntivo de los cultivos. En la cuenca del río Arroyohondo la demanda de agua en la mayoría de los meses es abastecida por la precipitación, generándose un excedente de agua; pero para los meses de enero, febrero, junio, julio y agosto la necesidad hídrica no alcanza a ser suplida, esto se puede deber a que esta zona presenta varias zonas de bosque y arbusto lo que genera una alta demanda ambiental. Para las áreas de drenaje también se reporta un déficit hídrico para los mismos meses. Para el caso de La zona baja y la cuenca de la quebrada Pérez no se reporta ningún déficit hídrico (tabla 9).

Tabla 9. Demanda de agua por uso agrícola para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo

Cuenca	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cuenca río Arroyohondo	P (mm/mes)	70,0	70,7	118,3	186,5	136,4	73,3	50,0	49,5	101,1	148,0	142,6	93,6
	ETR (mm/mes)	84,4	79,6	85,1	82,3	83,6	83,0	90,3	92,5	85,1	77,8	77,9	81,8
	P - ETR (mm/mes)	-14,5	-8,8	33,1	104,2	52,9	-9,7	-40,3	-43,0	16,0	70,2	64,7	11,8
	P - ETR (l/s)	-361,7	-221,1	829,1	2607,4	1323,5	-243,8	-1007,6	-1076,0	400,6	1757,5	1618,2	295,6
Áreas de drenaje	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	P (mm/mes)	70,0	70,8	129,6	185,1	144,5	75,7	50,0	50,0	89,2	150,8	149,9	97,8
	ETR (mm/mes)	76,2	70,7	76,8	74,8	75,6	75,2	78,6	80,8	77,0	75,0	70,8	74,4
	P - ETR (mm/mes)	-6,2	0,1	52,8	110,3	68,9	0,5	-28,6	-30,8	12,2	75,7	79,1	23,4
Zona alta río Arroyohondo	P (mm/mes)	70,0	70,8	129,6	185,1	144,5	75,7	50,0	50,0	89,2	150,8	149,9	97,8
	ETR (mm/mes)	76,2	70,7	76,8	74,8	75,6	75,2	78,6	80,8	77,0	75,0	70,8	74,4
	P - ETR (mm/mes)	-6,2	0,1	52,8	110,3	68,9	0,5	-28,6	-30,8	12,2	75,7	79,1	23,4
	P - ETR (l/s)	-45,5	0,7	384,8	803,9	501,9	3,8	-208,2	-224,7	88,6	551,8	576,7	170,5
Zona baja río Arroyohondo	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	P (mm/mes)	70,0	70,0	110,0	187,7	129,9	70,0	50,0	49,4	84,9	146,2	135,5	90,0
	ETR (mm/mes)	13,0	12,5	13,1	12,8	12,9	12,6	14,4	14,7	13,1	12,8	12,1	12,7
	P - ETR (mm/mes)	57,0	57,5	96,9	174,9	117,0	57,4	35,6	34,7	71,8	133,4	123,3	77,3
P - ETR (l/s)	607,0	612,5	1032,5	1863,7	1246,9	611,2	379,9	369,8	765,7	1421,5	1314,5	823,7	



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Cuenca	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Río Arroyohondo - Unión quebradas	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	P (mm/mes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ETR (mm/mes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P - ETR (mm/mes)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	P - ETR (l/s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cuenca de la quebrada La Chorrera	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	P (mm/mes)	70,0	70,0	118,3	182,0	132,5	70,0	50,0	48,1	77,2	145,4	141,0	91,6
	ETR (mm/mes)	78,0	71,9	79,2	74,6	76,4	75,5	81,6	84,1	79,2	75,2	70,1	73,8
	P - ETR (mm/mes)	-8,0	-1,9	39,1	107,4	56,1	-5,5	-31,6	-36,0	-2,0	70,2	70,8	17,8
	P - ETR (l/s)	-27,2	-6,3	133,1	365,0	190,7	-18,7	-107,6	-122,2	-6,9	238,8	240,8	60,4
Cuenca de la quebrada Pérez	Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	P (mm/mes)	70,0	73,4	119,6	190,0	142,9	80,8	50,0	50,3	91,8	150,0	150,0	97,4
	ETR (mm/mes)	39,5	36,4	40,0	38,0	38,9	38,5	41,2	42,4	40,1	38,3	35,9	37,7
	P - ETR (mm/mes)	30,5	36,9	79,6	152,0	104,0	42,3	8,8	7,9	51,7	111,7	114,1	59,7
	P - ETR (l/s)	112,3	136,1	293,3	560,0	383,3	155,8	32,4	29,3	190,6	411,6	420,5	219,8

Demanda de Agua para Uso Doméstico (DUD). Para determinar esta demanda se utilizó la información del censo de usuarios realizado para el río Arroyohondo y lo estipulado en la Resolución 0330 de 2017 que establece una dotación de agua para consumo doméstico de 130 litros/habitante/día para la zona de estudio.

Tabla 10. Demanda de agua por uso doméstico para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.

Cuenca y Subcuenca	Número Habitantes	Dotación Neta Máxima (l/hab*día)	Demanda Doméstica(l/día)	Demanda Doméstica (l/s)
Cuenca río Arroyohondo	5127	130	666510	7,7
Zona alta río Arroyohondo	1630	130	211900	2,5
Zona baja río Arroyohondo	1937	130	251810	2,9
Cuenca de la quebrada La Chorrera	610	130	79300	0,9
Cuenca de la quebrada Pérez	950	130	123500	1,4

Demanda de Agua para Uso Industrial (DUI): Se determinó mediante la metodología aplicada por la CVC, que considera que la demanda de agua para uso industrial corresponde al 8% de la demanda para uso agrícola. Cabe resaltar que para las áreas de drenaje de la zona alta del río Arroyohondo, cuenca quebrada La Chorrera y cuenca quebrada Pérez no se determinó la demanda industrial porque en esas zonas no se identificaron industrias. En la Tabla 11 se presentan la demanda industrial para la cuenca.

Tabla 11. Demanda de Agua para uso industrial para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.

Demanda Industrial (l/s)												
Cuenca y áreas de drenaje	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cuenca río Arroyohondo	28,9	17,7	66,3	208,6	105,9	19,5	80,6	86,1	32,1	140,6	129,5	23,7
Zona baja río Arroyohondo	48,6	49,0	82,6	149,1	99,8	48,9	30,4	29,6	61,3	113,7	105,2	65,9

Demanda total. Los valores se presentan en la Tabla 12, donde se observa que la cuenca río Arroyohondo reporta la mayor demanda en el mes de agosto (1169,8 l/s) y julio (1095,9 l/s) que en gran parte se debe a la demanda agrícola de esos meses y la más baja se presenta en diciembre con 31,4 l/s. Para las áreas de drenaje se observa que en la cuenca de la quebrada Pérez la demanda total es de 1,4 l/s para todos los meses, puesto que en esta cuenca solo se tiene demanda por uso doméstico y agrícola. La demanda más alta para las áreas de drenaje se da en la zona baja, debido a que en esta zona se encuentran tres derivaciones, centros poblados, colegios y es en la única zona de la cuenca donde se reporta demanda industrial.

Tabla 12. Demanda total para la cuenca y áreas de drenaje del río Arroyohondo.

Demanda total (l/s)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cuenca río Arroyohondo	398,4	246,5	74,0	216,3	113,6	271,0	1095,9	1169,8	39,8	148,3	137,2	31,4
Zona alta río Arroyohondo	48,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	210,7	227,1	2,5	2,5	2,5	2,5
Zona baja río Arroyohondo	51,5	51,9	85,5	152,0	102,7	51,8	33,3	32,5	64,2	116,6	108,1	68,8
Cuenca de la quebrada La Chorrera	28,1	7,2	0,9	0,9	0,9	19,6	108,5	123,2	7,9	0,9	0,9	0,9
Cuenca de la quebrada Pérez	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

2.6 Usos y usuarios del agua

Con base en la información obtenida en la revisión de expedientes de otorgamiento de concesiones y permisos de vertimiento, se logró espacializar algunos puntos de captación de agua concesionados y puntos de vertimientos autorizados por la CVC (Figura 5). Las coordenadas se obtuvieron mediante la consulta de la base de datos de las cédulas catastrales.

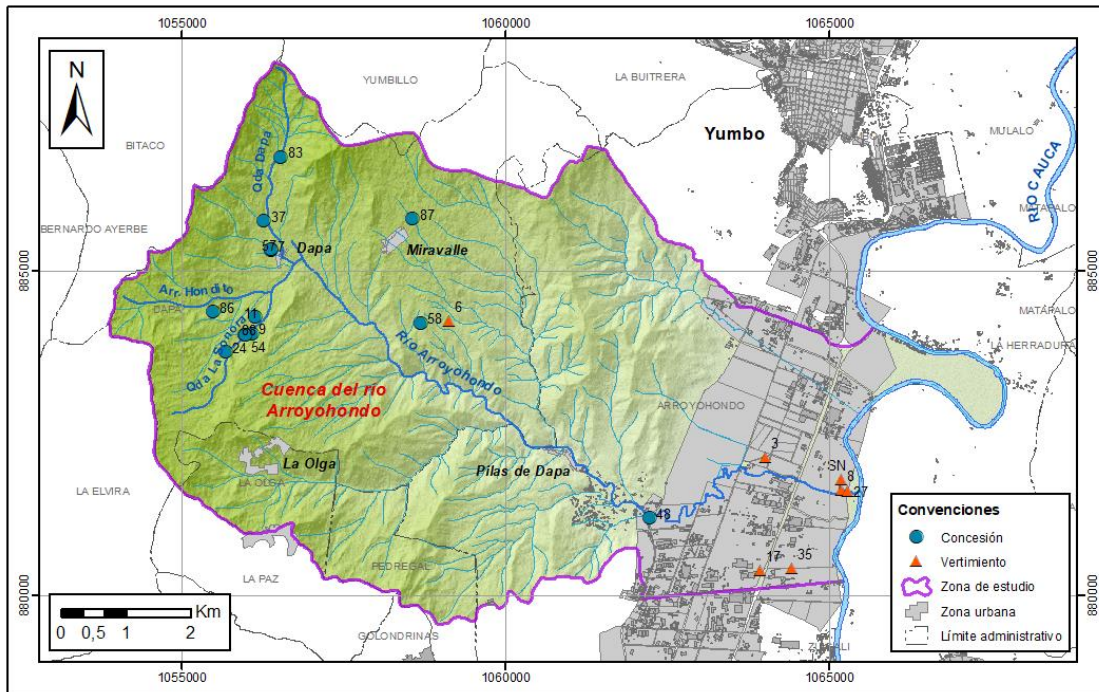


Figura 5. . Mapa con localización de concesiones y vertimientos presentados en la revisión de expedientes

2.6.1 Identificación de usos existentes y obras hidráulicas

De acuerdo con la revisión de expedientes de concesiones de agua, en la Tabla 13 se presentan el uso del recurso hídrico del río Arroyohondo. De la información encontrada, el 79,6% de las concesiones son otorgadas para consumo humano y doméstico, seguido de un 13,5% que es otorgado para acueductos veredales, un 3,9% para riego y uso ornamental y un 3% utilizado para abrevaderos.

Tabla 13. Clasificación de uso del recurso hídrico del río Arroyohondo

Uso actual	Clasificación	Caudal (l/s)	Porcentaje de uso (%)
Acueducto	Doméstico	14,55	13,5
Consumo humano y doméstico	Doméstico	85,7328	79,6
Abrevadero	Pecuario	3,2	3
Agrícola	Riego	4,1712	3,9
	Total		100

2.6.2 Inventario de usuarios del recurso hídrico

En marco del desarrollo del PORH del río Arroyohondo, se llevó a cabo el inventario de usuarios del agua, el cual permitió identificar los usuarios actuales y potenciales del recurso; así mismo, los usuarios que hacen vertimiento de aguas residuales domésticas

y/o industriales. El inventario se inició de la zona alta (quebrada El Rincón) hacia la zona baja, hasta llegar a la desembocadura del río Arroyohondo al río Cauca. Esta actividad se realizó durante los meses de octubre y noviembre de 2018. La información se recopiló mediante el diligenciamiento del formato de Registro de Usuarios del Recurso Hídrico – RURH. Para cada usuario se realizó un registro fotográfico y la georreferenciaron del predio, la captación y/o el vertimiento. La información de campo fue almacenada en la base de datos del Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH. De igual manera se realizó inventario de: obras de captación de agua, plantas de tratamiento de agua para consumo humano, plantas de tratamiento de aguas residuales y obras de ocupación de cauce, asentados sobre el cauce natural del río Arroyohondo, cuya descripción se presenta a continuación.

2.6.3 Sistemas y/o obras hidráulicas de captación

Se identificaron en campo 12 obras hidráulicas que realizan captación de agua sobre el cauce del río Arroyohondo y las quebradas El Rincón y La Sonora. Las obras identificadas realizan tomas laterales, directas y por presa de derivación en concreto. Existen sistemas captación de agua en concreto y otros en materiales de la zona como piedra, tierra y arena. Se realizó identificación del tipo de captación, ubicación y descripción de cada obra.

2.6.4 Inventario de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano - PTAP

De acuerdo con la revisión de información secundaria y lo observado durante el levantamiento de información primaria, se identificaron ocho plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Plantas de tratamiento de agua para consumo humano

Nombre	Descripción	Ubicación
Acueducto Las Pilas	Cuenta con desarenador, 6 filtros gruesos, floculador, mezclador, sedimentador y tanque de cloración, por dilución de pastilla.	Latitud: 03°31'55,04" N Longitud: 76°32'5,19" O
Bocatoma No. 2 Asoacarol	Ptap modular compacta, cuenta con desarenador, 2 filtros gruesos, sedimentador y tanque de cloración. En la actualidad no se encuentra en funcionamiento la planta.	Latitud: 03°33'58,14" N Longitud: 76°34'0,93" O
Acueducto Acualandayes	compuesta por desarenador, planta FIME conformada por tres filtros gruesos, sistema de potabilización y tanque de almacenamiento	Latitud: 03°33'29,29" N Longitud: 76°33'4,48" O
Colegio Jefferson	Cuenta con sistema de desarenador, filtro grueso, floculador, sedimentador y tanque potabilización.	Latitud: 03°31'10,47" N Longitud: 76°31'14,27" O
Colegio Cañaverales	Filtro lento, floculador, sedimentador, filtro grueso y tanque de potabilización.	Latitud: 03°31'20,97" N Longitud: 76°31'8,99" O
Parcelación Lomas de Dapa	Cuenta con planta de filtración en múltiples etapas, filtro dinámico, tanque de almacenamiento y cloración.	Latitud: 03°33'12,39" N Longitud: 76°33'0,07" O
Acualtodapa	La cual distribuye para tres acueductos: Ecodapa, Acualtodapa y parcelación Miralia.	Latitud: 03°34'6,92" N Longitud: 76°33'13,58" O
Colinas de	Filtro dinámico, cámara de mezcla rápida, filtro	Latitud: 03°31'23,95" N

Nombre	Descripción	Ubicación
Arroyohondo	grueso, filtro lento, tanque de cloración por goteo, tanque de almacenamiento, sistema de bombeo para distribución del agua.	Longitud: 76°31'22,79" O

Además, se identificaron tres sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y doméstico, en la Tabla 15 se describe el sistema de tratamiento de cada uno.

Tabla 15. Sistemas de tratamiento de agua para consumo humano.

Nombre	Descripción
Bocatoma #1	en la cual no hay una organización comunitaria, cuenta con un desarenador y luego se conduce el agua a un tanque de almacenamiento, donde posteriormente es distribuida a los usuarios, quienes realizan el tratamiento individual en cada predio
La bocatoma #3 Asoarincon	cuenta con pretratamiento, el cual consta de mallas y filtros artesanales previos a la entrada al desarenador, tanque de cloración por goteo, y tanques de almacenamiento
Bocatoma #4 Acuarincon	Compuesta por desarenador, tanque de almacenamiento y distribución a dos parcelaciones.

2.6.5 Inventario de Sistemas de tratamiento de aguas residuales – PTAR

Se observó que la mayor parte de la población cuenta con pozo séptico para dar tratamiento a las aguas residuales provenientes de sanitarios, sin embargo, la mayoría de los usuarios vierten sus aguas grises (lavaplatos, duchas y lavaderos) directamente al cuerpo de agua. Se identificó en total siete PTAR, de las cuales cuatro vierten sus efluentes al río Arroyohondo, una planta correspondiente al sector de la Carolina vierte sus aguas a la quebrada El Rincón y en dos de ellas sus efluentes se utilizan para riego. Se describe en la Tabla 16, los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 16. Sistemas de tratamiento de aguas residuales

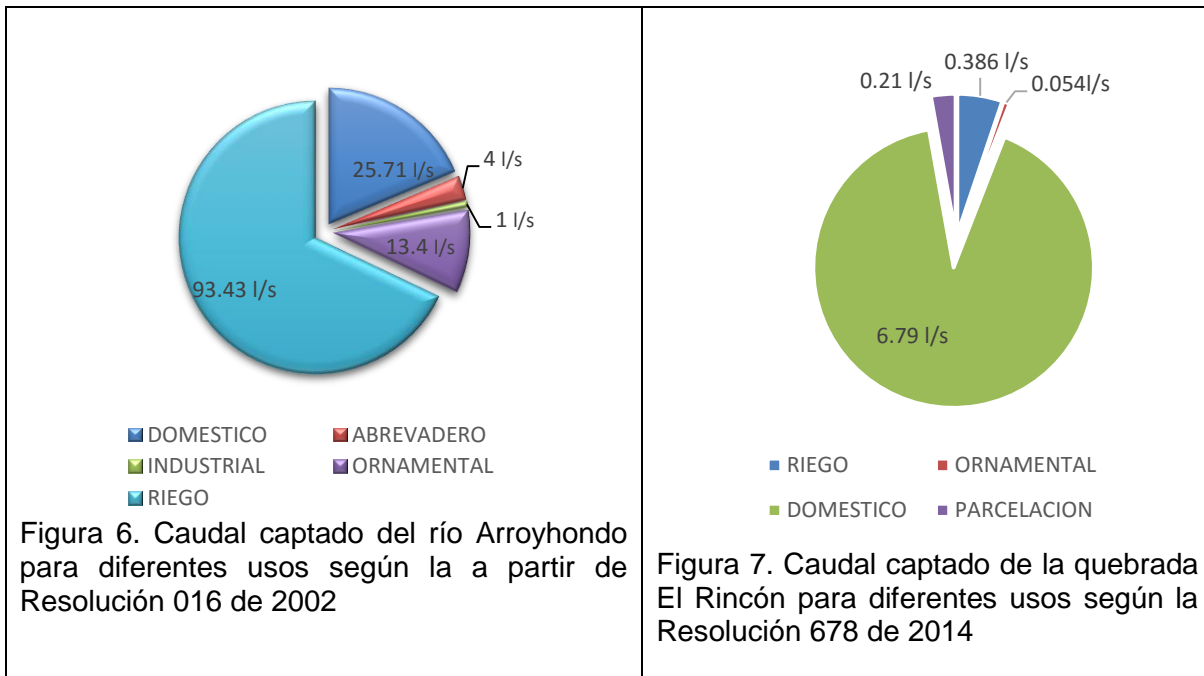
Nombre	Ubicación	Empresa Encargada	Estado
PTAR Sector La Carolina	Latitud: 3,525622 Longitud: -76,56610	Municipio de Yumbo	Malo
PTAR Lomas de Dapa	Latitud: 3,54912 Longitud: -76,54555	Parcelación Lomas de Dapa	Bueno
PTAR complejo industrial y comercial CiC	Latitud: 3,52606 Longitud: -76,49104	CiC1	Regular
PTAR Centro de eventos valle del pacifico	Latitud: 3,52662 Longitud: -76,49101	Centro de eventos Valle de Pacifico	Bueno
PTAR Sector Miravalle	Latitud: 3,55914 Longitud: -76,55294	EcoDapa	Regular
PTAR colegio Jefferson	Latitud: 3,51971 Longitud: -76,52010	Colegio Jefferson	Bueno
PTAR parcelación colinas de Arroyoalto	Latitud: 3,51976 Longitud: -76,52385	Parcelación Colinas de Arroyoalto	Bueno

2.6.6 Obras de ocupación del cauce

Se identificó 18 obras de ocupación de cauce, de las cuales 12 corresponden a obras de captación de agua consumo humano y domestico que están en funcionamiento y realizan captación del río Arroyohondo y quebradas El Rincón y La Sonora; 1 obra de ocupación de cauce que se encuentra abandonada sobre la quebrada La Sonora y 4 muros de estabilización que se encuentran sobre el río Arroyohondo. De igual manera se identificó 1 obra de ocupación de cauce en la empresa Elanco, cuya razón social aparece en los permisos de vertimientos como Novartis S.A, la cual fue construida con permiso de CVC como medida de protección y contención debido a ola invernal.

2.6.7 Usos del agua definidos en las Resoluciones No. 016 de 2002 y Resolución No. 0678 de 2014.

Se realizó un análisis del uso del recurso hídrico de acuerdo a la sumatoria de caudal definido para cada uso, establecido en la Resolución 016 de 2002 mediante la cual se reglamentó en forma general el uso de las aguas de la cuenca del río Arroyohondo y sus afluentes, cuyas aguas discurren en jurisdicción del municipio de Yumbo en el departamento del Valle del Cauca y en la Resolución 678 de 2014 que modificó la Resolución No. 016 de 2002 y donde se actualizan los datos de usuarios de la quebrada El Rincon.



En la Figura 6, se ilustra el caudal captado para diferentes usos del río Arroyohondo; los mayores caudales se atribuyen a las actividades de riego con un total de 93,43 l/s, seguido del doméstico con 25,7 l/s, representando un 68% y un 18% del consumo total

respectivamente. De la quebrada EL Rincon el mayor caudal es asignado para uso doméstico con un consumo de 6,79 l/s, como se aprecia en la Figura 7..

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 en las unidades hidrográficas de análisis, 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. Para la subcuenca del río Arroyohondo, se determinó el Índice de Uso del Agua (IUA), El índice de Regulación y Retención Hídrica (IRH), el Índice de Aridez (IA) y el índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH).

2.7.1 Índice de Uso del Agua (IUA)

El IUA es la relación porcentual del agua utilizada (demanda hídrica) y el agua disponible (oferta hídrica neta) en términos de caudal en flujo continuo y/o volumen (IDEAM 2013, 2010) el cual permite medir el grado de presión que se tiene sobre el recurso hídrico de una unidad hidrográfica de análisis. A partir del IUA estimado se categorizó el estado de la presión sobre el recurso hídrico de acuerdo con los rangos y categorías establecidas en la Tabla 17.

Tabla 17. Rangos y categorías para la evaluación del Índice del Uso del Agua.

Rango (%)	Categoría IUA	Interpretación
>50	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta disponible.
20.01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta respecto a la oferta disponible.
10.01 – 20	Medio	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1 – 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
<1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible.

Fuente: adaptado de IDEAM, 2010.

En la Tabla 18 se reportan los valores de IUA para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo, donde puede observar que en general los valores para la zona alta río Arroyohondo se encuentran en todos los meses en la categoría baja, que significa que la presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible, sólo en los meses de julio y agosto se reportan como muy alto, meses que corresponden a la temporada seca. La zona baja del río Arroyohondo para los meses de abril, septiembre, octubre y noviembre se encuentra en la categoría muy alto que hace referencia a que la presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.

Tabla 18. Valores IUA para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo

Mes	Zona alta río Arroyohondo		Zona baja río Arroyohondo		Cuenca de la quebrada La Chorrera		Cuenca de la quebrada Pérez	
	IUA	Categoría	IUA	Categoría	IUA	Categoría	IUA	Categoría
Ene	37,3	Alto	27,4	Alto	26,9	Alto	10,4	Moderado
Feb	1,9	Bajo	30,3	Alto	10,7	Moderado	12,3	Moderado
Mar	1,9	Bajo	46,0	Alto	1,4	Bajo	24,9	Alto
Abr	1,6	Bajo	69,4	muy alto	1,2	Bajo	46,2	Alto
May	1,5	Bajo	46,2	Alto	1,1	Bajo	32,1	Alto
Jun	1,9	Bajo	33,6	Alto	29,5	Alto	13,9	Moderado
Jul	219,0	muy alto	23,7	Alto	224,2	muy alto	4,0	Bajo
Ago	250,9	muy alto	27,5	Alto	240,5	muy alto	3,8	Bajo
Sep	2,8	Bajo	63,2	muy alto	16,9	Moderado	16,7	Moderado
Oct	2,5	Bajo	91,3	muy alto	1,8	Bajo	34,4	Alto
Nov	1,9	Bajo	38,1	muy alto	1,4	Bajo	35,1	Alto
Dic	2,0	Bajo	13,1	Alto	1,5	Bajo	19,0	moderado

En la figura 8 se presenta la espacialización del IUA para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo de los meses de marzo y agosto; donde se observa que para el mes de marzo las áreas de drenaje de la zona baja río Arroyohondo y la cuenca la quebrada Pérez reportan un IUA alto; la cuenca quebrada La Chorrera y la zona alta río Arroyohondo reportan un índice bajo. Para el mes de agosto el índice de la quebrada La Chorrera y la zona alta del río Arroyohondo es muy alto, el cual es de esperarse porque en la zona alta es donde se reporta mayores concesiones para captación de agua y se encuentra un gran porcentaje de la población. La zona baja reporta un índice alto donde la demanda tiene una alta presión sobre la oferta y la quebrada Pérez reporta un índice bajo que significa que la presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.

2.7.2 Índice de retención y regulación hídrica IRH

El índice de retención y regulación evalúa la capacidad de la cuenca para mantener un régimen de caudales, producto de la interacción del sistema suelo-vegetación con las condiciones climáticas y con las características físicas y morfométricas de la cuenca. Este indicador determina la capacidad de retención de agua en las subcuencas de acuerdo con la distribución de las frecuencias acumuladas de los caudales diarios. La Tabla 19 muestra la clasificación del IRHI.

Tabla 19. Categorías de 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.

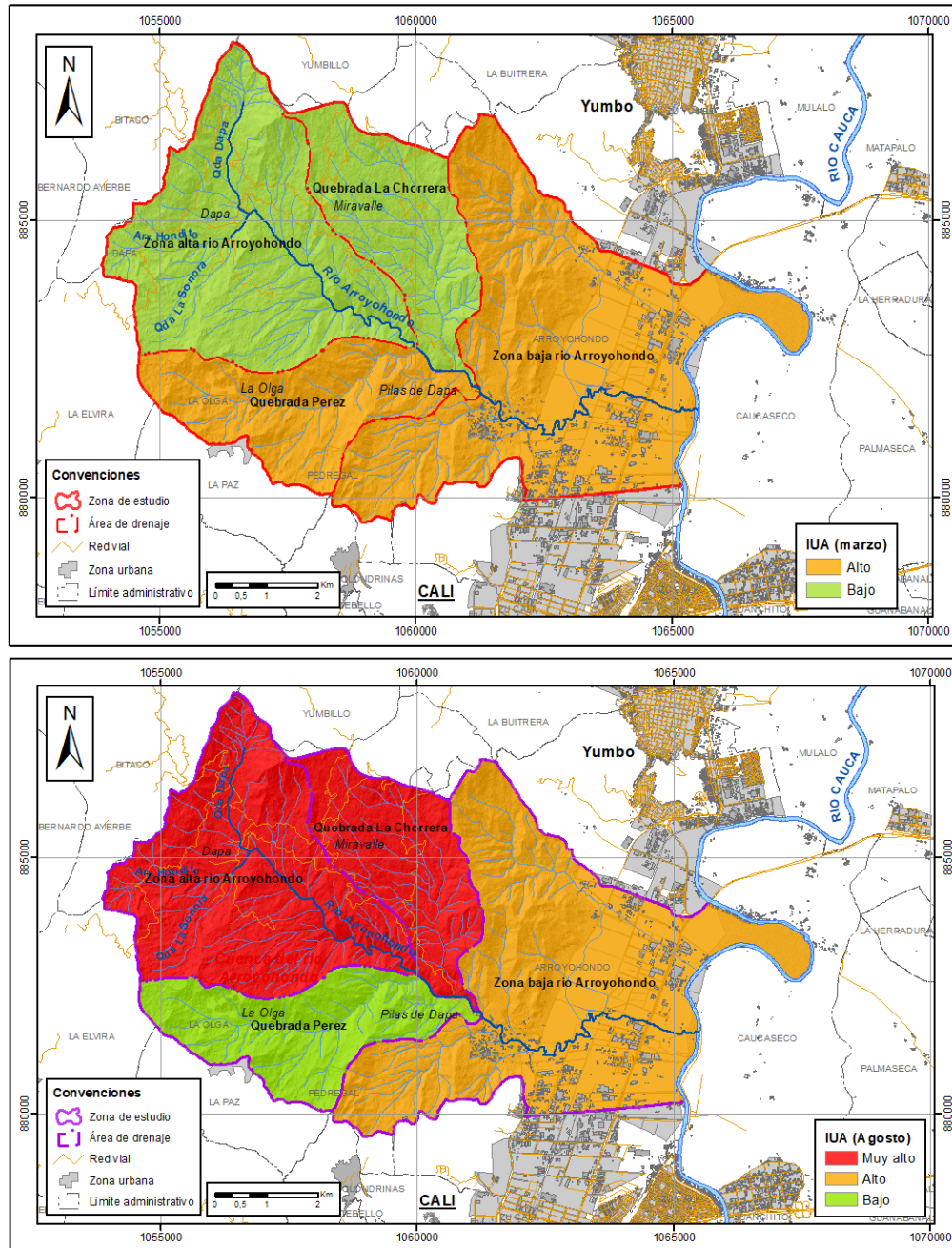


Figura 8. Espacialización del índice de uso de agua para las áreas de drenaje del río Arroyohondo

Para este punto se seleccionó los tramos teniendo en cuenta los puntos de monitoreo. En la Tabla 20 se describe de donde comienza y donde termina cada tramo y se puede observar que para todos los tramos se reporta el mismo IRH (0,651), que se encuentra en

la categoría de moderado, que quiere decir que en estos tramos existe una media retención y regulación de humedad media, que ayudan a que el cauce se mantenga.

Tabla 20. Índice de retención y regulación hídrica por tramos.

Tramo	v50%	V (área total)	IRH	Categoría
Punto 2-1	283,46	435,17	0,651	Moderada
Punto 3-2	146,07	224,25	0,651	Moderada
Punto 6-3	49,67	76,26	0,652	Moderada
Punto 4-3	25,07	38,48	0,651	Moderada

2.7.3 Índice de Aridez – IA

El IA representa la dinámica superficial basado en la evapotranspiración real y potencial de una zona de estudio. A partir de éste, se establecen los lugares con excedentes y déficit de agua; de acuerdo al valor o rango del IA estimado, éste puede ser catalogado como muy excedente de agua o deficitario de agua (Tabla 21). El cálculo de este índice se presenta en la Tabla 22.

Tabla 21. Rangos de clasificación del Índice de Aridez.

Índice de Aridez	IA	Calificación	Descripción
< 0,15		Altos excedentes	Altos excedentes de agua, baja aridez
0,15 – 0,2		Excedentes	Excedentes de agua, baja aridez
0,2 – 0,3		Moderado y excedentes	Moderado y excedentes de agua, aridez media
0,3 – 0,4		Moderado	Moderado, aridez media
0,4 – 0,5		Bajo	Moderado y deficitario de agua, media aridez
0,5 – 0,6		Deficitario	Deficitario de agua, alta aridez
>0,60		Altamente deficitario	Altamente deficitario de agua, alta aridez

La espacialización del índice de aridez que se obtuvo para la cuenca del río Arroyohondo se presenta en la Figura 9, donde se observa que existe un foco de excedentes de agua al suroeste y noroeste de la cuenca; en la zona de la quebrada el rincón y en el centro de la cuenca se reporta un índice de aridez entre moderado y excedentes de agua y en la parte baja moderado. Se podría decir que la cuenca en su mayor parte se caracteriza por reportar IA entre moderado y excedente.

2.7.4 Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

Este índice permite definir qué tanto puede un sistema hídrico mantener una oferta de agua disponible, teniendo en cuenta variaciones del clima como periodos largos de estiaje, periodos de sequía prolongados, ocurrencia de fenómeno de El Niño, entre otros. Se determina mediante la relación de los indicadores de regulación hídrica (IRH) y uso de agua (IUA), relacionando los valores obtenidos para estos índices en una matriz de categorías establecida en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2014) (Tabla 22).

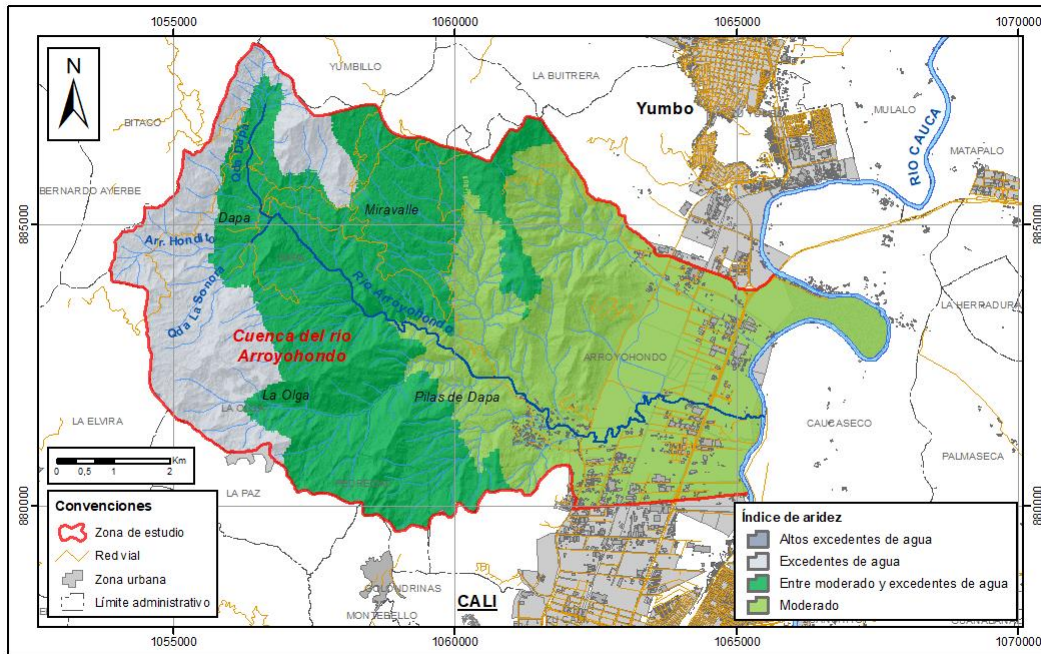


Figura 9. Espacialización del índice de aridez

Tabla 22. Categorías del IVH.

IUA		IRH			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
< 1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 – 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 – 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 – 50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy Alta
50 – 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy Alta
> 100	Crítico	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Tomado de: IDEAM, 2014; IDEAM, 2010.

En la Tabla 23 se reportan las categorías de IVH para la cuenca del río Arroyohondo, donde se puede observar que para todos los meses en la cuenca se presenta una vulnerabilidad de desabastecimiento hídrico alto, lo que quiere decir que lo más probable es que no se pueda mantener una oferta adecuada para el abastecimiento de agua ante amenazas, como períodos de fenómeno de El Niño. En la época de diciembre el índice es bajo lo que permitiría mantener una oferta adecuada para el abastecimiento de agua.

Tabla 23. Categorías del IVH para la cuenca del río Arroyohondo

Mes	Cuenca del río Arroyohondo		
	IRH	IUA	IVH
Ene	moderado	Muy alto	Alto
Feb	moderado	Muy alto	Alto
Mar	moderado	Moderado	Medio
Abr	moderado	Alto	Alto
May	moderado	Alto	Alto
Jun	moderado	Muy alto	Alto
Jul	moderado	Muy alto	Alto
Ago	moderado	Muy alto	Alto
Sep	moderado	Moderado	Medio
Oct	moderado	Alto	Alto
Nov	moderado	Alto	Alto
Dic	moderado	Bajo	Bajo

2.8 Riesgo asociado a la reducción de oferta.

En la Tabla 24, se presenta la matriz que relaciona la amenaza y la vulnerabilidad para categorizar el riesgo.

Tabla 24. Matriz de relación entre amenaza y vulnerabilidad para categorizar el riesgo.

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Media	Alta	Alto
Alta	Alta	Alto
Alta	Medio	Alto
Medio	Medio	Medio

Las categorías obtenidas para los índices de IUA, IRH y IVH que son necesarios para identificar la amenaza y el riesgo se presentan en la Tabla 25.

Tabla 25. Categoría por tramos para el IUA, IRH e IVH.

Tramo	IUA	IRH	IVH
6 - 3	Muy alto	Moderada	Alto
4 - 3	Muy Alto	Moderada	Alto
3 - 2	Bajo	Moderada	Bajo
2 - 1	Alto	Moderada	Alto

En la Tabla 26 se presentan los resultados obtenidos para la vulnerabilidad por tramo, donde se identificó que el tipo de captación existente, en su mayoría es de uso doméstico, por lo que la vulnerabilidad se consideró alta y la amenaza se definió con el IVH, el cual también fue alto, excepto en el tramo 3 – 2 que reporto un IVH bajo. El riesgo que se obtuvo fue alto en todos los tramos, aunque para el tramo de 3 – 2 se presenta una amenaza baja, se considera con riesgo alto, puesto que, presenta una vulnerabilidad alta

y el tramo que lo antecede presenta alto riesgo, situación que puede afectar gravemente el tramo 3 - 2.

Tabla 26. Amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por tramo.

Tramo	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
6 - 3	Alta	Alta	Alto
4 - 3	Alta	Alta	Alto
3 - 2	Baja	Alta	Alto
2 - 1	Alta	Alta	Alto

2.9 Análisis de conflictos actuales de uso del recurso hídrico

El territorio comparte similitudes en sus procesos migratorios, organizativos, sociales, económicos y ambientales. Los conflictos socio ambientales se generan a partir de los cambios en el uso del suelo, del recurso hídrico, vocación económica y alta densidad demográfica que ha sufrido el territorio en las últimas décadas. De acuerdo con la información que se recopiló en los diversos talleres sociales y en las entrevistas semiestructuradas con actores comunitarios e institucionales, las problemáticas principales desde cada área o componente se presentan en la Tabla 27.

2.10 Calidad del agua

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

Con el fin de determinar las condiciones actuales de calidad y cantidad del río Arroyohondo, se establecieron 5 puntos de monitoreo, durante dos campañas correspondientes a dos condiciones hidrológicas diferentes (transición y seca).

Tabla 27. Situaciones ambientales categorizadas

Categorías	Situaciones ambientales
AMBIENTALES	Cambios en el uso del suelo
	Reducción de oferta hídrica
	Vertimientos directos a fuentes hídricas, de aguas residuales doméstica sin tratamiento
	Disminución de la calidad del agua
	Presión de grupos económicos y productivos contaminantes
SOCIALES	Falta de cultura y educación ambiental
	Baja participación social
	Aumento densidad demográfica no planificado
	Uso ineficiente del agua a nivel domiciliario
	Desconocimiento y/o incumplimiento de normas ambientales
INSTITUCIONALES	Poco control de las autoridades ambientales y organizaciones en el cumplimiento de normas
	Escasa planificación territorial
	Limitados proyectos educativos y de sensibilización ambiental
ECONÓMICAS	Escasa inversión en proyectos de saneamiento y abastecimiento

	Falta de prácticas sostenibles de turismo
	Áreas productivas subvaloradas
	Escasas oportunidades de empleo
TÉCNICA	Falta de infraestructura para tratamiento de aguas residuales
	Limitada infraestructura para el tratamiento de agua potable
	Escasa infraestructura para medición de caudal y cantidad

La primera campaña de monitoreo o Campaña 1, correspondió a la época de menores precipitaciones, la cual fue realizada el 30 de agosto de 2018, las condiciones atmosféricas presentadas este día se registraron en la estación climatológica más cercana a la cuenca, que corresponde a la Estación Buitrera (Coord. Este: 1060289,85; Coord. Norte: 886260,14 y Altura: 1500). La temperatura promedio del aire fue de 23°C; durante el día se presentaron 5,6 horas de brillo solar y la humedad relativa media diaria registrada fue de 94% en la estación de monitoreo La Buitrera. A pesar de las pocas horas de sol, no se presentaron precipitaciones.

La segunda campaña de monitoreo o campaña 2, correspondió a un periodo de altas precipitaciones. Esta campaña fue realizada el 15 de octubre de 2018. Se registraron las condiciones atmosféricas en la Estación La Buitrera. La temperatura del aire fue de 21°C, menor a la de la primera campaña de monitoreo. A diferencia de la primera campaña se presentaron más horas de brillo solar, con un registro de 7,3 horas. La humedad relativa fue ligeramente mayor a la de la primera campaña con un valor de 95,67%, como se espera cuando aumentan las precipitaciones en la cuenca, no obstante, durante el día del monitoreo no se presentaron precipitaciones en la zona.

2.10.2 Resultados monitoreo de cantidad

Caudal: En la Tabla 28 y la Figura 10 se presentan los resultados de los caudales aforados en puntos de monitoreo en la primera y segunda campaña.

Tabla 28. Caudales aforados en puntos de monitoreo.

Punto	Nombre Punto	Caudal Aforado (l/s) Campaña 1 (30/8/2018)	Caudal Aforado (l/s) Campaña 2 (15/10/2018)
1	Antes desembocadura al río Cauca	142,519	33,194
2	Puente las pilas	145,879	80,191
3	Después de la Unión quebradas El Rincón y La Sonora	28,390	35,935
4	Quebrada la Sonora	2,404	5,292
6	Quebrada el Rincón	1,942	3,396

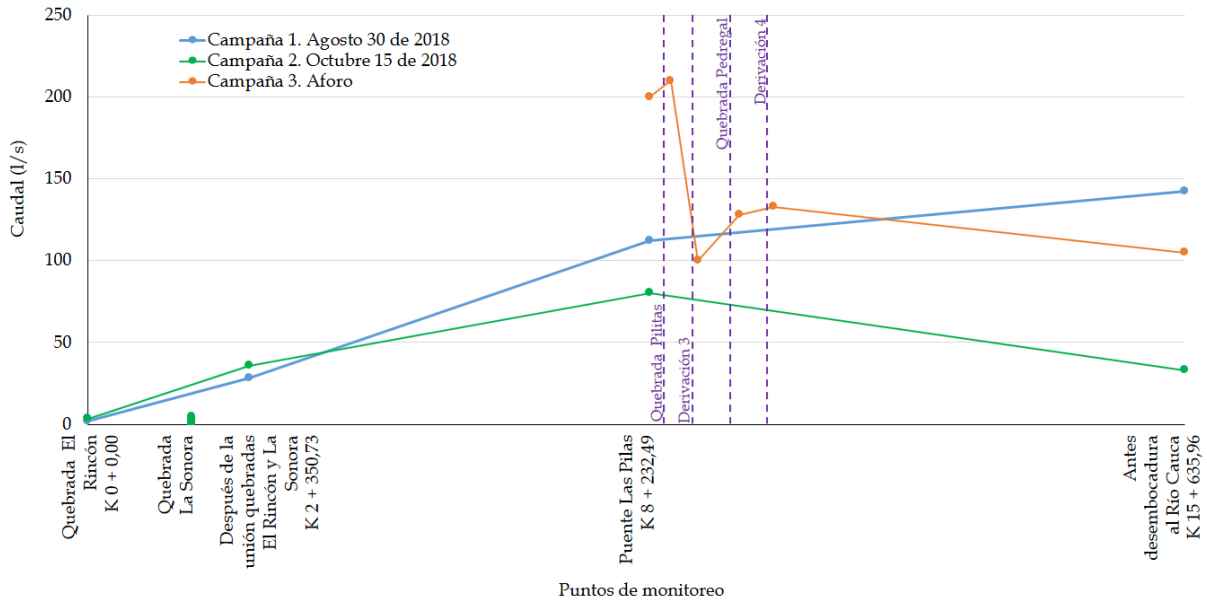


Figura 10. Resultados de los aforos en los puntos de monitoreo

En los puntos de monitoreo Puente Las Pilas (Punto de monitoreo 2) y Antes desembocadura al río Cauca (Punto de monitoreo 1), se encontraron caudales mucho mayores en condiciones de menores precipitaciones (Campaña 1) que con las mayores precipitaciones (Campaña 2). Esta situación puede deberse a la extracción de caudales que se presenta en los tramos aguas debajo del punto de monitoreo 3: Después de la unión de las quebradas El Rincón y La sonora. Los caudales extraídos, otorgados por concesión son: Derivación 2: 3l/s; Derivación 3: 101,32 l/s y derivación 4: 88,52l/s. Esto genera como resultado una reducción de caudal, que puede ser de hasta 182,94 l/s. En el punto de monitoreo Puente Las Pilas el caudal del agua del río bajó de 112,35 l/s en la Campaña 1, hasta 80,19 l/s en la Campaña 2; así como en el punto de monitoreo Antes de la desembocadura al río Cauca, el caudal pasó de 142,52 l/s en la Campaña 1, a 33,19 l/s en la Campaña 2. Esto indica que durante la Campaña 2 se estaban extrayendo 141,49 l/s más que durante la Campaña 1.

2.11 Índices de calidad y contaminación

Los índices de calidad permiten tener un estimativo frente a la variabilidad de la calidad del agua en la corriente hídrica, permitiendo definir las condiciones de contaminación en los tramos demarcados por las estaciones de monitoreo. Históricamente la CVC ha realizado campañas de monitoreo de la calidad del agua del río Arroyohondo, dos veces por año. A partir de los resultados de los parámetros de calidad analizados, CVC estimó los valores de los índices de calidad del agua y contaminación como se presenta a continuación.

2.11.1 Índices de calidad históricos

Índice de calidad del agua ICA- CETESB histórico.

La calidad del agua en la quebrada El Rincón ha sido históricamente de buena a excelente, con mayor cantidad de tiempo como buena (Figura 11). En la quebrada La Sonora ha sido predominantemente buena, a pesar de que en algunos casos llegó a ser regular. En la unión de las dos quebradas, la calidad del agua ha sido regular a buena, esto se debe a que los asentamientos humanos ubicados aguas arriba del punto, existen hace más de 15 años, en los cuales han vertido sus ARD a las quebradas El Rincón y La Sonora sin tratamiento.

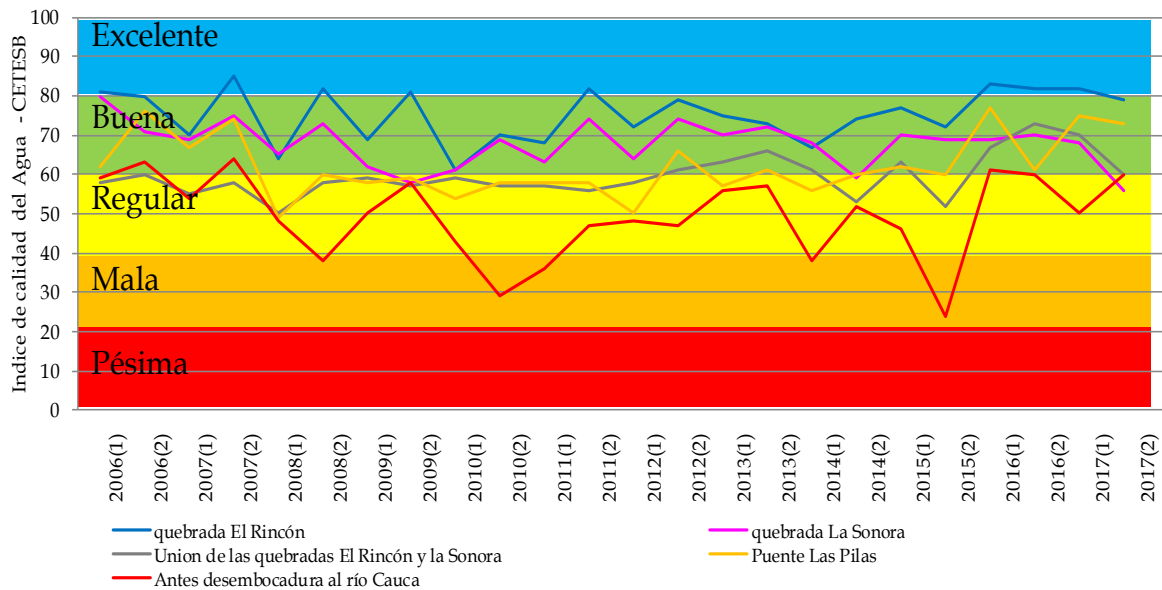


Figura 11. ICA-CETESB histórico en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo

En el Puente Las Pilas se presentó un periodo de 2007 a 2015 en el que la calidad del agua fue regular y buena. Antes de la desembocadura al río Cauca, la calidad del agua del río estuvo entre regular y mala, con valores muy bajos de calidad, asociado a los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, que son vertidas al río en este tramo. Después del segundo semestre de 2015 el ICA CETESB mejoró, pasando de malo a regular, posiblemente como consecuencia de la operación de las PTAR en las que son tratados los efluentes que finalmente se vierten a la fuente. (Figura 11).

2.11.2 Índices de calidad año 2018

El índice de calidad del agua ICA- CETESB correlaciona los resultados de nueve parámetros de calidad del agua con el fin de cualificar la disponibilidad del agua para ser empleada en su potabilización y consumo humano. De acuerdo con los resultados, la calidad del agua del río Arroyohondo se mantiene dentro del mismo rango durante el periodo de mayores precipitaciones, así como en el periodo de menores precipitaciones, esta calidad es buena en la quebrada El Rincón y en la Quebrada La Sonora (Figura 12).

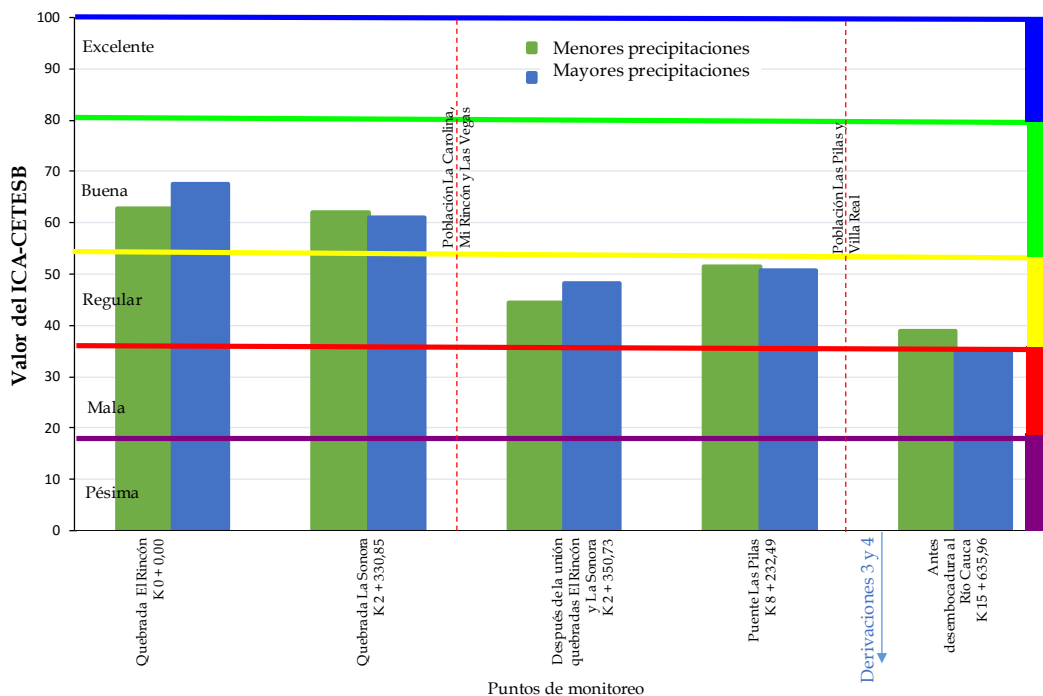


Figura 12. ICA-CESTESB en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo

La calidad del agua se reduce a regular en los tres puntos de monitoreo siguientes, siendo el más alto el del sector Las Pilas, en el cual el agua tiene un ICA-CETESB regular, pero su valor es mayor al encontrado en los puntos de monitoreo 3 y 1. Lo anterior se debe a que las aguas residuales que son vertidas en el río, se encuentran ubicadas aguas arriba de estos puntos de monitoreo, muy cerca de ellos. Por ejemplo, aguas arriba del punto ubicado después de la unión de las quebradas El Rincón y La Sonora (Punto 3), se encuentran vertimientos de aguas residuales domésticas que llegan a las quebradas El Rincón y La Sonora antes de unirse, estos provienen de comunidades como la de Mi Rincón, La Carolina y Las Vegas. Así mismo aguas arriba del punto de monitoreo ubicado Antes de la desembocadura al Río Cauca (Punto 1) se presentan vertimientos de ARnD como Colegio Cañaverales y Novartis de Colombia SA, que tienen PTAR aportando una carga menor a la producida; así como vertimientos de ARD como la Parcelación Lomas de Dapa y la Vereda Pilas de Dapa en el sector puente las pilas y caserío Villareal.

De manera coherente, el ICOMO indica que la contaminación por materia orgánica en el Punto 6 o quebrada El Rincón es muy baja, aunque se encuentra en el límite superior de la calificación (Figura 13). Es normal encontrar cierta cantidad de materia orgánica en este tipo de fuentes poco intervenidas, porque recibe aportes de materia orgánica de forma natural, por medio de la vegetación natural que rodea el punto y la que se encuentra aguas arriba del punto, sumada a la materia orgánica proveniente de tejidos producto de la descomposición de los organismos vivos, que habitan la cuenca y que por escorrentía llegan al río.

Dado que la quebrada La Sonora recibe vertimientos de ARD aguas arriba del punto de monitoreo número 4, el ICOMO indica que hay contaminación orgánica, pero esta es baja. Por otra parte, en los puntos de monitoreo aguas debajo de los anteriores, los aportes de aguas residuales al río hacen que el ICOMO indique una mediana contaminación del agua por materia orgánica, como consecuencia principalmente de los aportes de ARD.

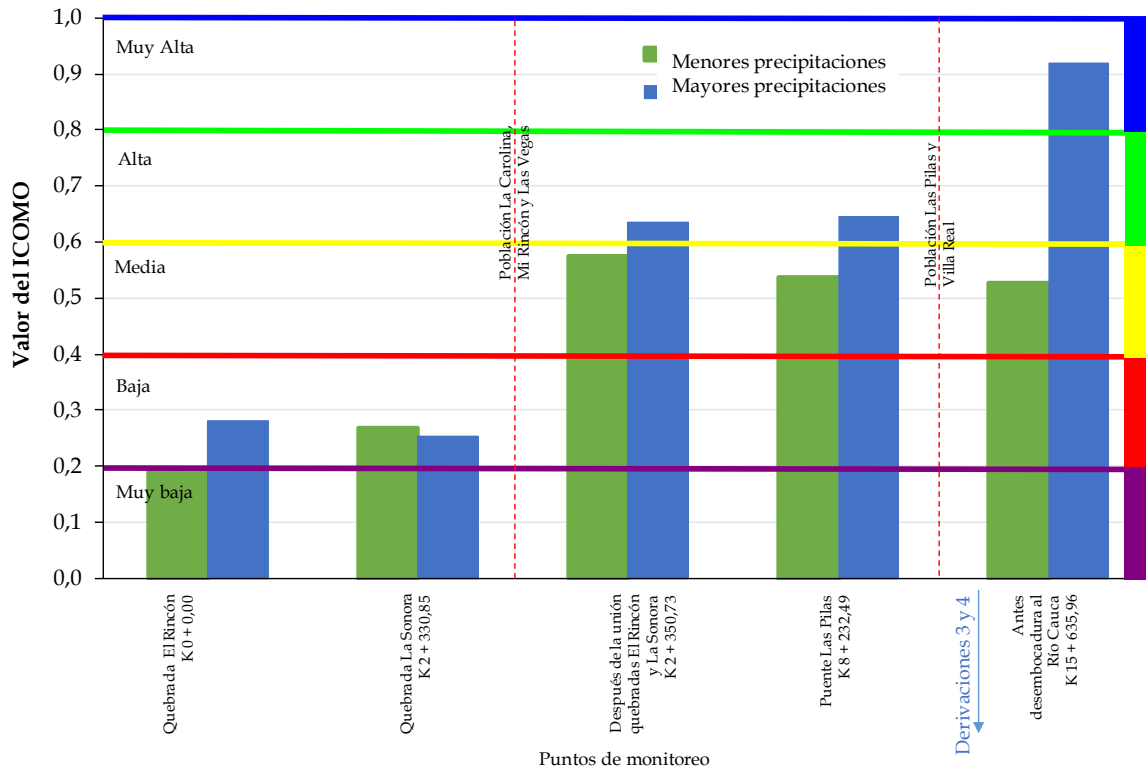


Figura 13. ICOMO en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo

El ICOSUS a diferencia de los anteriores índices depende únicamente de un parámetro de calidad, en este caso de los SST, ya que los resultados de la campaña de monitoreo dieron como resultado una concentración muy baja de SST (8 mg/L), así mismo el valor del ICOSUS fue menor a 0,01 (Figura 1414), que correspondería a muy baja contaminación por sólidos suspendidos.

2.12 Riesgo asociado a la reducción de la disponibilidad.

El riesgo asociado a la reducción de la disponibilidad del agua por sus condiciones de calidad se estima a partir de los resultados del Índice de calidad, ICA-CETESB y la amenaza determinada por el uso del agua. El valor de ICA CETESB de cada tramo se define a partir del valor del ICA al final de tramo. La Tabla 29 muestra la valoración del índice de calidad ICA CTESB por tramos.

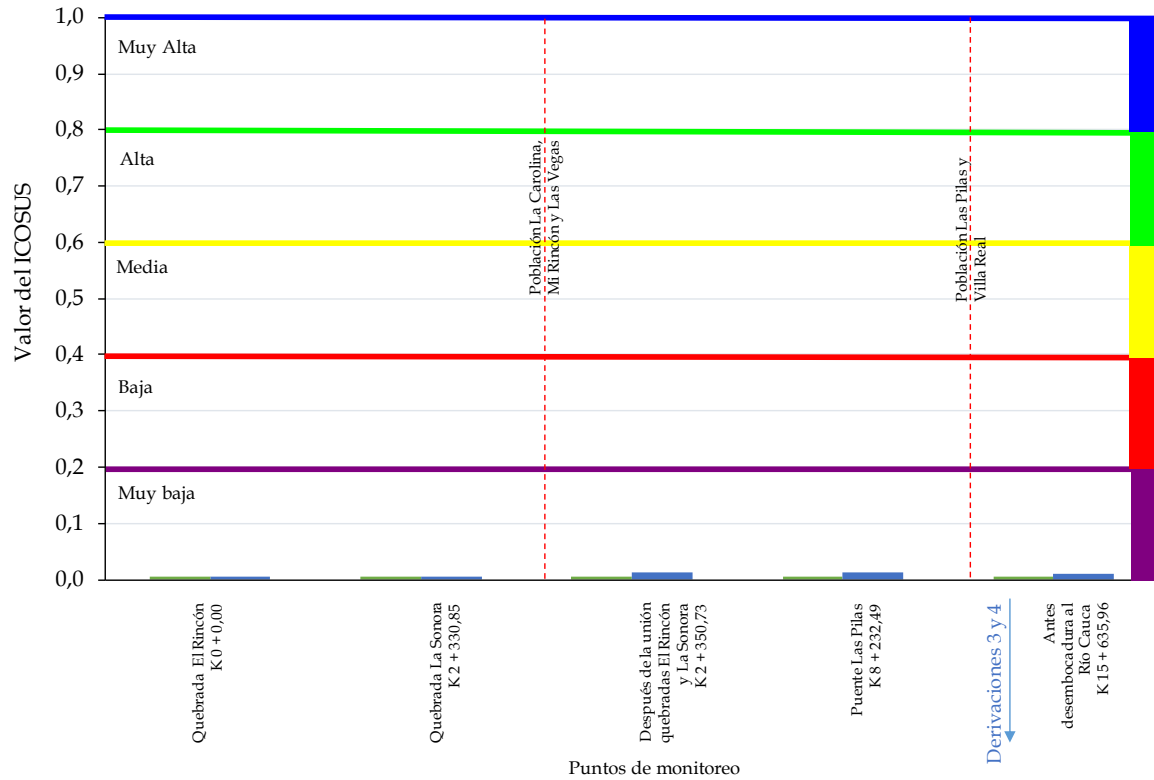


Figura 14 . ICOSUS en los puntos de monitoreo del río Arroyohondo

Tabla 29. Valoración del índice de calidad ICA CTESB por tramos

Tramo	ICA CTESB
Punto 6 a punto 3	Regular
Punto 4 a punto 3	Regular
Punto 3 a punto 2	Regular
Punto 2 a punto 1	Regular

Fuente: Elaboración propia, Proagua 2018

De acuerdo con los planteamientos de los estudios de riesgo, este resulta del cruce de las amenazas y la vulnerabilidad. La categorización de la amenaza se realiza, a partir del valor del ICA, asignando a los tramos la categoría de la amenaza:

- a) Calidad Aceptable con Amenaza Baja;
- b) Calidad Regular con Amenaza Media
- c) Calidad Mala con Amenaza Alta

De acuerdo con los resultados obtenidos en todos los tramos, el río Arroyohondo presenta una amenaza media. Para determinar la amenaza del riesgo asociado a la disponibilidad del agua, se identificaron las captaciones para abastecimiento doméstico, agrícola y piscícola en los tramos identificados con amenaza alta, media y baja; considerando vulnerabilidad alta las que captan agua para uso doméstico, media los usos agrícola y pecuario y baja para los usos restantes. Después de revisar el inventario de usuarios que captan agua a lo largo del río, se encontraron captaciones de agua para abastecimiento humano. Es por esto por lo que se plantea que la vulnerabilidad es alta (Tabla 30).

Tabla 30. Amenaza, vulnerabilidad y asociado a la reducción de oferta por tramo

Tramo	Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Punto 6 a punto 3	Medio	Alta	Alto
Punto 4 a punto 3	Medio	Alta	Alto
Punto 3 a punto 2	Medio	Alta	Alto
Punto 2 a punto 1	Medio	Alta	Alto

La categorización del riesgo (alto, medio y bajo) resulta de superponer los dos análisis anteriores: de amenaza y vulnerabilidad, predominando la condición más crítica entre los dos. Para esto el análisis cualitativo permite determinar si el riesgo considera la condición más crítica, por ejemplo: vulnerabilidad alta y amenaza alta: riesgo alto, alguna de las dos en nivel alto y la otra en medio: riesgo alto; los dos en nivel medio: riesgo medio y riesgo bajo que los cumplan el nivel bajo. Es por esto por lo que, al tener una amenaza media y una vulnerabilidad alta, se obtiene un nivel de riesgo alto (Tabla 30). Esto se presentó en todos los tramos en estudio y para los periodos de mayores precipitaciones y de menores precipitaciones (Figura 15).

2.13 Clasificación de los usos actuales

El principal uso actual del recurso hídrico (2018), fue identificado como el consumo humano. Este se cuantifica como al agua que es captada para ser sometida a algún proceso de tratamiento y posteriormente es distribuida mediante acueducto hacia la población (Tabla 31).



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

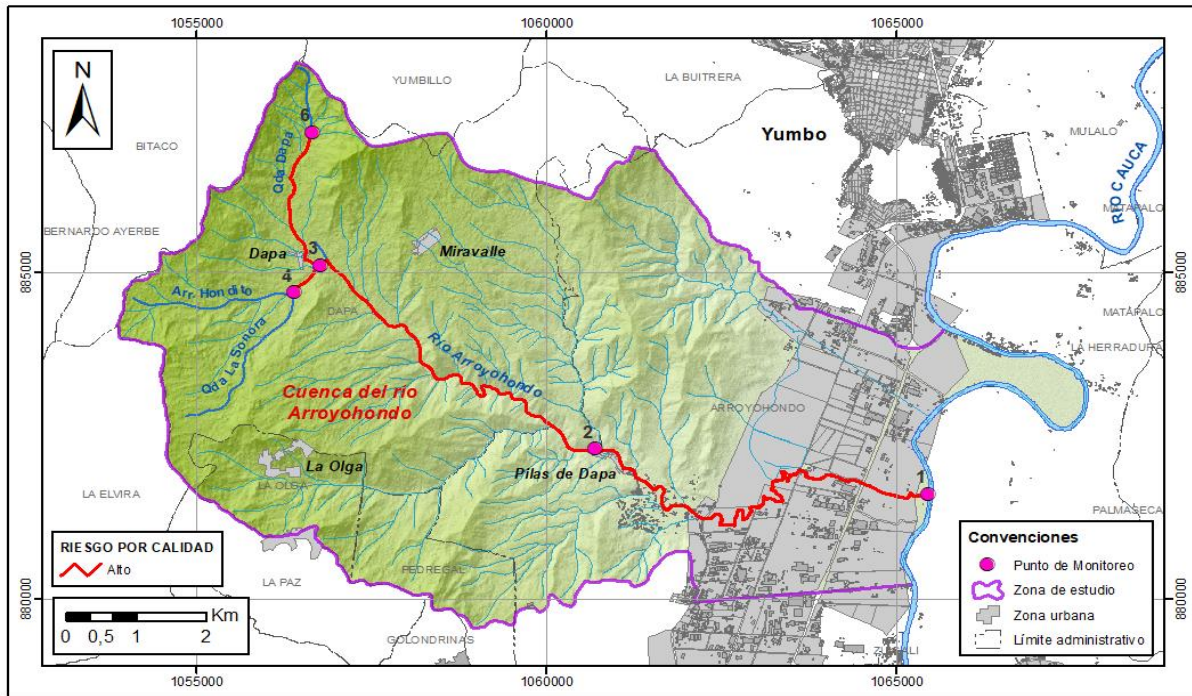


Figura 15. Riesgo por disponibilidad hídrica.

Tabla 31. Clasificación de usos actuales del recurso hídrico del río Arroyohondo

Uso del recurso hídrico	Evidencias del uso	Características
Consumo humano y usos múltiples	Para las tres fuentes de captación predominan el uso del recurso hídrico como fuente de abastecimiento y consumo humano, representando un 73% de uso total del agua	Concesiones: 176,58 l/s río Arroyohondo (35 usuarios) 65,198 l/s quebrada El Rincón (13 usuarios) 12,65 l/s quebrada La Sonora (38 usuarios) Acueductos: ACUALTODAPA (Qda. La Sonora), COLINAS DE ARROYOHONDO (río Arroyohondo), CAROLINA, ASUAPAR y EL RINCON (Qda. El Rincón).
Uso industrial	Dentro de la cuenca se encuentran varias captaciones para el sector	Industrias como Novartis, Johnson & Johnson y algunos colegios captan de estas fuentes
Uso agrícola	10% del agua extraída de la fuente es usada para riego	Las extracciones están distribuidas en seis predios de tipo jurídico que realizan captación del río Arroyohondo y una que capta de la quebrada El Rincón
Dilución de cargas contaminantes	Las fuentes de agua reciben aguas residuales domésticas y aguas residuales no domésticas.	Las fuentes reciben vertimientos con: ARD: 137 kg/día de DBO ₅ ARnD (institucional): 1 kg/día de DBO ₅ ARnD (industrial): 19,2 kg/día de DBO ₅ ARnD (sec. cafetero): 0,01 kg/día de DBO ₅

Dadas las condiciones socioeconómicas de la zona, es común encontrar que, en los hogares, el agua no solamente es empleada para el consumo humano, sino que también hay un porcentaje que es empleada en el desarrollo de actividades agrícolas y/o pecuarias de pequeña escala o de subsistencia. Es por esto por lo que se afirma que parte de esta agua es empleada para usos múltiples.

El agua del río Arroyohondo y sus afluentes también es empleada para el uso agrícola en un 10% de la demanda, de acuerdo con el registro de concesiones. Finalmente, el agua de las fuentes en estudio, que constituyen el río Arroyohondo, es usada desde la parte alta de la cuenca, para realizar el vertimiento y dilución de las aguas residuales de todo tipo, que llegan a la fuente como efluentes de las diferentes actividades humanas, generando una presión sobre el recurso e incluso representando un riesgo agudo como crónico en los usuarios de la cuenca baja.

2.14 Determinación de cargas contaminantes vertidas al río Arroyohondo

2.14.1 Inventario de información de generadores de vertimientos

Para determinar las cargas contaminantes, primero se determinó cuáles son los generadores de vertimientos, los cuales se clasificaron en vertimientos domésticos y no domésticos. Los primeros se encuentran concentrados en centros poblados, se caracterizan por estar distribuidos por toda la población, al hacer vertimientos directos o indirectos al río, que dificultan el monitoreo, e incluso la contabilización y ubicación de los puntos individuales, por su gran número y distribución heterogénea. Es por esto que el aporte de carga vertida por los centros poblados se estimó en función de la población.

En los centros poblados se tuvo en cuenta los datos levantados durante el proyecto, para determinar las condiciones de las aguas residuales domésticas (ARD) vertidas. El componente social de PROAGUA encontró que las familias de la región se caracterizan por ser extensas, así que en los hogares viven hasta tres generaciones con un rango de 3 a 8 personas. Por medio de las empresas prestadoras del servicio de agua potable se conoció el número de usuarios del servicio de acueducto y la cobertura, que es de cerca del 100%. Considerando esta información se estimó para cada centro poblado la población a 2018 (Tabla 32).

Tabla 32. Número de habitantes por cada centro poblado o grupo de población

Nombre	Población (Número de habitantes)
Vereda Pilas de Dapa (Sector puente las pilas y caserío Villareal)	950
Sector Mi Rincón	700
Sector La Carolina	500
Colegio Cañaverales	487
Sector Las Vegas	400
Parcelación Lomas de Dapa	160
Novartis de Colombia SA	79
Sector Sonora (solo la parte del punto de monitoreo No.4)	30

Con relación a las cargas contaminantes clasificadas como aguas residuales no domésticas (ARnD), la información requerida fue obtenida a partir de datos de la CVC y datos obtenidos en campo mediante visitas a los generadores de vertimientos. La información suministrada por la Corporación incluye datos de cafeteros, instituciones e industrias, principalmente a través de los documentos de concesión de vertimiento y de auto declaración de vertimiento.

2.15 Determinación del caudal y cargas de los vertimientos de ARD

El caudal y las cargas que corresponden a cada centro poblado se calcularon con base en lo dispuesto en la Resolución 330 de 2017. En la Tabla 33 se presentan los resultados del cálculo del caudal y cargas de los vertimientos de cada una de las poblaciones de interés.

Tabla 33. Caudal y cargas de los vertimientos de ARD al río Arroyohondo

Nombre	Caudal de AR L/s	Carga de DBO ₅ kg/día	Carga de SST kg/día	Carga de NH ₃ -N kg/día	Carga de N total kg/día	Carga de coliformes totales NMP/día
Vereda Pilas de Dapa (Sector puente las pilas y caserío Villareal)	1,21	47,5	47,5	8,0	11,4	2,E+14
Sector Mi Rincón	0,90	35,0	35,0	5,9	8,4	1,E+14
Sector La Carolina	0,64	25,0	25,0	4,2	6,0	1,E+14
Sector Las Vegas	0,51	20,0	20,0	3,4	4,8	8,E+13
Parcelación Lomas de Dapa	0,20	8,0	8,0	1,3	1,9	3,E+13
Sector Sonora (solo la parte del punto de monitoreo No.4)	0,04	1,5	1,5	0,3	0,4	6,E+12

2.15.1 Determinación de cargas de vertimientos de aguas residuales de origen institucional, industrial y cafetero.

Los aportes de cargas de origen institucional e industrial corresponden al Colegio Cañaverales y las industrias Novartis de Colombia SA y Johnson & Johnson. Los tres usuarios en mención cuentan con resolución de permiso de vertimiento al río Arroyohondo. De este documento se obtuvo el caudal vertido, mientras que las cargas se encontraron para los tres casos en la base de datos de autodeclaraciones de vertimiento. Los reportes del sector cafetero fueron suministrados por CVC, como parte del registro llevado para el sector en el departamento (Tabla 34).

Tabla 34. Caudal y cargas de los vertimientos de ARnD al río Arroyohondo

Nombre	Caudal de AR L/s	Concentración de DDBO ₅ mg/L	Concentración de SST mg/L	Carga de DDBO ₅ kg/día	Carga de SST kg/día
Colegio Cañaverales	0,62	18,2	1,7	0,98	0,09
Novartis de Colombia SA	0,30	11,2	246,1	0,29	6,38
Sector cafetero	-	-	-	0,01	-

Tabla 35. Resumen de vertimientos

Tipo de agua residual	Generador del vertimiento
Agua residual institucional y agroindustrial	<ul style="list-style-type: none"> • Colegio Cañaverales • Novartis de Colombia SA • Sector cafetero
Agua residual doméstica (ARD)	Poblaciones de: <ul style="list-style-type: none"> • Vereda Pilas de Dapa (Sector puente Las Pilas) • Caserío Villareal • Sector Mi Rincón • Sector La Carolina • Sector Las Vegas • Parcelación Lomas de Dapa • Sector Sonora

2.16 Perfiles de calidad

La calidad del agua del río Arroyohondo, se ha venido monitoreando por parte de la Autoridad ambiental CVC. A continuación, se analizan algunos de los parámetros de calidad que cuentan con información histórica (datos del 2013 al 2017).

2.16.1 Perfiles de evolución temporal en las estaciones de monitoreo del río Arroyohondo.

Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO₅: En fuentes de agua naturales es común encontrar DBO₅ con valores de hasta 8 mg/L, sin que esto limite los usos del recurso. En las quebradas El Rincón y Santa Clara, las concentraciones de DBO₅ son menores a 2mg/L (Figura 16). Esto muestra una excelente calidad de agua, apta para consumo humanos tras un proceso básico de potabilización, fundamentado en la desinfección.

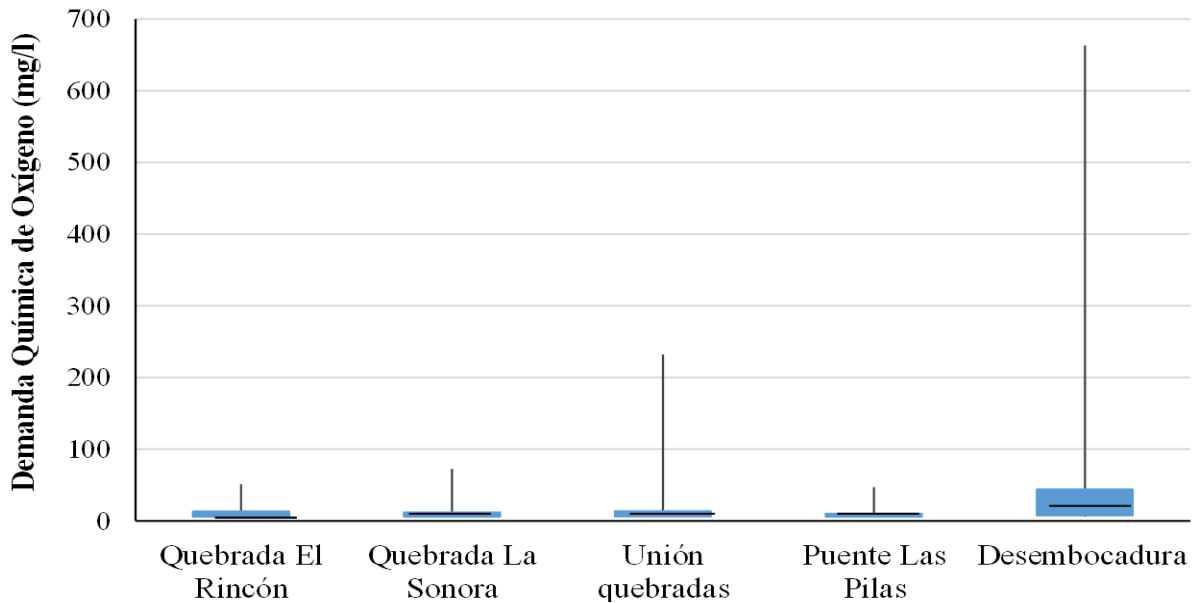


Figura 16. Perfil histórico de demanda química de oxígeno

En la Quebrada La Sonora, la calidad del agua es menor, como consecuencia de los vertimientos efluentes del corregimiento de Dapa, por lo cual la DBO_5 aumenta y presenta valores de hasta 7,68 mg/L. Desde el punto de monitoreo Después de la unión de las quebradas El Rincón y La Sonora al punto de monitoreo ubicado en el Puente Las Pilas, la calidad del agua tiende a mejorar, ya que la elevada pendiente de las laderas de cauce lo protegen de la generación de actividades antrópicas que entreguen vertimientos al cauce, así mismo la elevada pendiente de la cuenca y la presencia de cantos rodados, da lugar al intercambio de gases entre el agua y el aire, aumentando la concentración de OD en el agua y favoreciendo la reducción de la DBO_5 .

Antes de la desembocadura al río Cauca, donde el río ha recibido todas las cargas de las poblaciones de Mi Rincón, Las Vegas, La Carolina, Las Pilas y Villa Real, instituciones e industria, la concentración de DBO_5 presenta la mayor variación en su valor con un rango que va desde el límite de detección de la prueba (0,954mg/l), hasta 129mg/l (valor máximo registrado en condiciones extremas), el 75% de los datos tienen valores de hasta 6,06mg/l con una mediana de 2 mg/l. Esto sucede porque en el tramo desde el punto de monitoreo Puente Las Pilas hacia aguas abajo el río recibe gran cantidad de aguas residuales tanto industriales como domésticas y agrícolas.

Sólidos Totales

Los sólidos totales son el compendio de sólidos suspendidos y sedimentables, filtrables o disueltos, que está presente en el agua de forma natural y antrópica. Su concentración es baja en las quebradas Santa Clara y El Rincón, pero en la quebrada La Sonora es mucho más elevado. Estos tres puntos de monitoreo mantuvieron concentraciones menores a

100mg/L hasta que, en 2016 (Figura 17), cuando comenzaron a elevarse y presentaron valores de hasta 180 mg/L en 2017. Aguas abajo, cuando ya se ha conformado el río Arroyohondo como tal, la presencia de vertimientos con aportes de sólidos al agua es evidente por el constante aumento de su concentración. Esta cantidad de sólidos en el agua se mantiene suspendida entre los puntos de monitoreo Después de la unión de las quebradas El Rincón y La Sonora, por las características del cauce, que desfavorecen los procesos de sedimentación.

2.16.2 Perfiles de calidad año 2018

A continuación se presenta los análisis de los parámetros de calidad del agua correspondientes a OD, DBO, DQO, SST y Coliformes totales. Todos los análisis de parámetros de calidad del agua se basaron en los resultados de dos campañas de monitoreo: la Campaña 1 se ejecutó el 30 de agosto de 2018, pues en esta fecha la cuenca tiene registros históricos de precipitaciones menores a la media anual; y la Campaña 2 se realizó el 15 de octubre de 2018, porque el mes de octubre presenta registros históricos de precipitaciones mayores a la media anual.

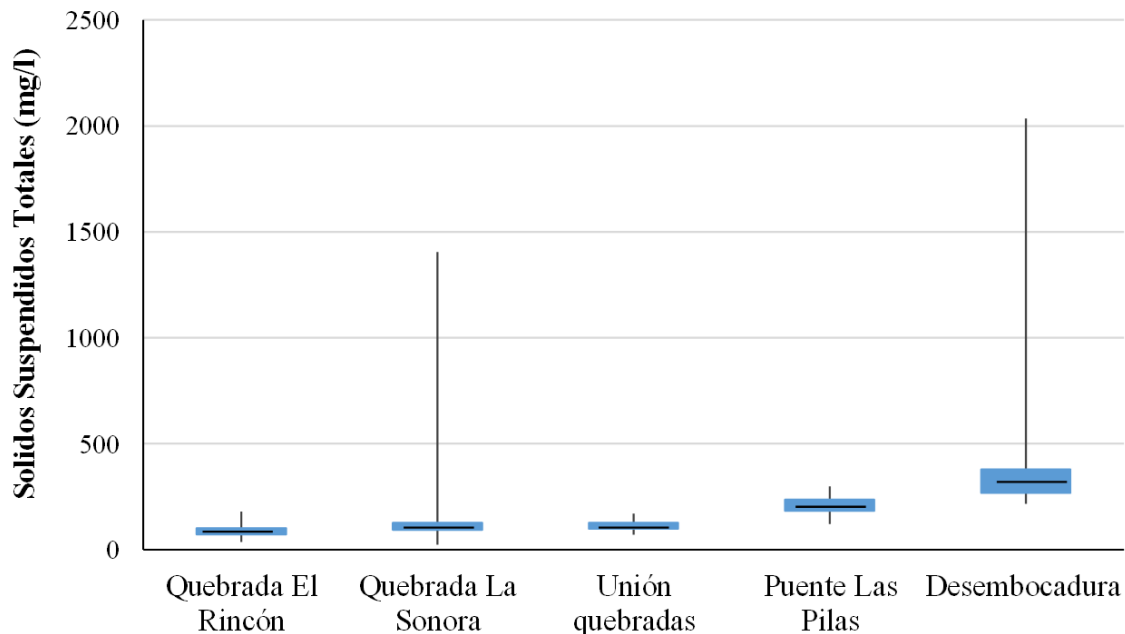


Figura 17. Perfil histórico de sólidos totales

Oxígeno disuelto (OD). El oxígeno disuelto (OD) en el agua del río Arroyohondo tiene una amplia variación, desde concentraciones de más de 5 mg/l en la parte alta de la cuenca, a concentraciones menores a 1 mg/l en el punto de monitoreo antes de la desembocadura al río Cauca (Figura 18). Durante la Campaña 2 se presentaron menores concentraciones de OD, esto tiene diferentes explicaciones para cada parte de la cuenca. En la parte alta puede ser consecuencia del lavado del suelo, que viene con las precipitaciones que se presentaron antes de la Campaña 2, pues en esta zona las lluvias

arrastraron sedimentos, hojarasca y restos de diferentes organismos. Sin embargo, este fenómeno no fue representativo en la parte baja de la cuenca, donde las extracciones y derivaciones mantuvieron los caudales del río menores a 80 l/s, en consecuencias se redujo la capacidad de asimilación de vertimientos, dando como resultado bajas concentraciones de OD (menos de 5,3 mg/l).

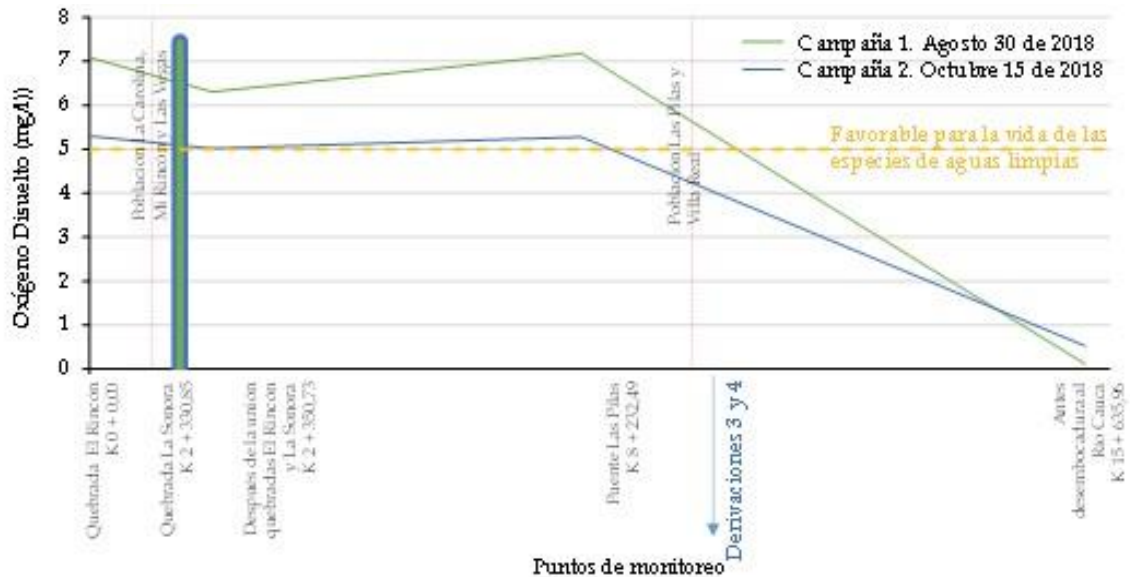


Figura 18 . Perfil de oxígeno disuelto en el agua del río Arroyohondo

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Durante la campaña de monitoreo 1, la DBO_5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno de 5 días) y la DBO_{20} (Demanda Bioquímica de Oxígeno de 20 días) se mantuvieron en valores menores a 8 mg/l, que es el límite de detección de la prueba realizada en el laboratorio (Figura 19).

Durante la campaña de monitoreo 2 se presentó la misma situación en las tres estaciones de monitoreo ubicadas en la parte más alta de la cuenca. Sin embargo, en el río Arroyohondo en el punto de monitoreo ubicado en el sector Las Pilas se presentó una DBO_5 de 10 mg/l. Así mismo los aportes de cargas contaminantes de ARD y de ARI aumentaron la DBO en la Campaña 2 en el punto de monitoreo ubicado antes de la desembocadura al río Cauca, con valores de DBO_5 de 18 mg/l, los cuales se asocian con el bajo caudal que se presentó en este punto en la Campaña 2 (33,2 l/s), en comparación con lo hallado en la Campaña 1 (142 l/s).

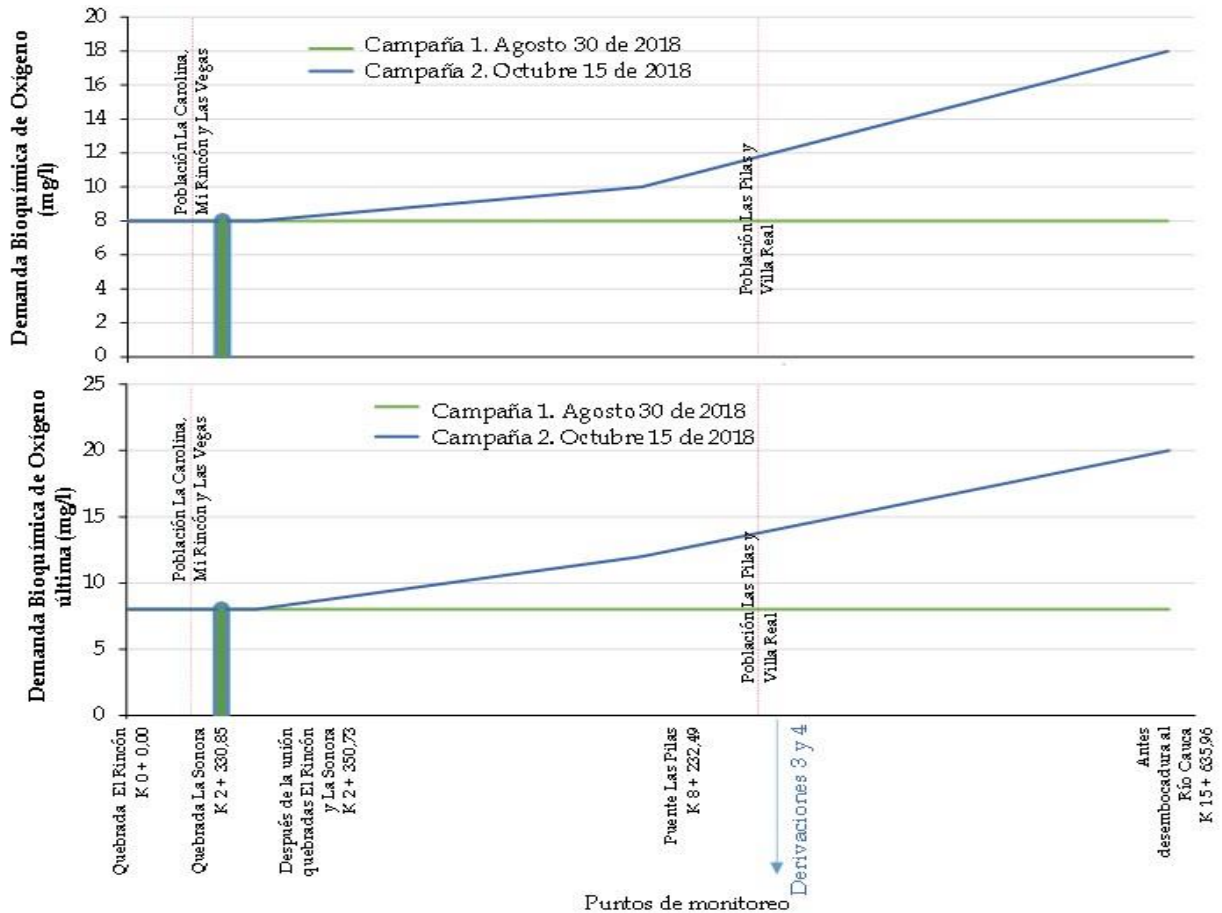


Figura 19. Perfil de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y DBO5 en el agua del río Arroyohondo

Sólidos Suspendedos Totales (SST). En la Campaña 1 los SST no presentaron cambios en la concentración del parámetro, a través de los puntos de monitoreo del río (Figura 20). A pesar de los aportes de sólidos que se realizan con los vertimientos de ARD a la fuente, posiblemente estos no tuvieron la cantidad suficiente para aumentar la concentración de SST, por encima del límite de detección de la prueba de laboratorio

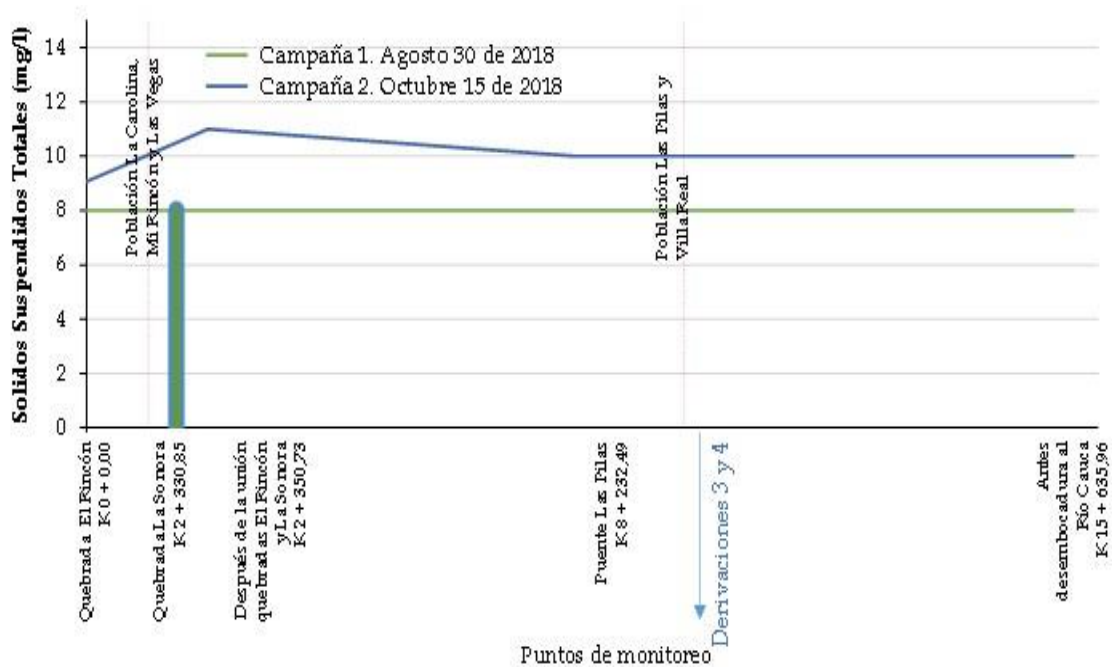


Figura 20. Perfil de Sólidos Suspendedos Totales en el agua del río Arroyohondo

En la Campaña 2 la concentración de SST fue de 8 mg/l en la quebrada El Rincón y la Quebrada La Sonora, pero los vertimientos de ARD de las poblaciones de la zona alta de la cuenca, unidos a las quebradas, produjeron una concentración de SST que aumentó a 11 mg/l, en los puntos de monitoreo después de la unión de las quebradas El Rincón y La Sonora y en el punto Puente Las Pilas. En la zona baja, antes de la desembocadura al río Cauca, se registró 10 mg/l de SST a pesar de los vertimientos de ARD y ARI recibidos, esto sucede porque la pendiente de la zona es lo suficientemente baja para reducir la velocidad del agua y dar lugar a la sedimentación de una parte de los SST.

Coliformes Totales. En las dos campañas de monitoreo, la concentración de coliformes totales en el punto de monitoreo quebrada El Rincón son menores de 4×10^2 NMP/100 ml, lo que indica la presencia de contaminación de origen fecal, posiblemente asociado a actividades humanas y a la cría de animales de granja. Así mismo en el punto de monitoreo quebrada La Sonora, donde se encontraron $7,8 \times 10^2$ y $9,2 \times 10^2$ NMP/100 ml que podían corresponder a contaminación de origen humano (Figura 21). Sin embargo, en la unión de las quebradas La Sonora y El Rincón, las dos fuentes han recibido gran cantidad de ARD de las poblaciones Mi Rincón, La Carolina y Sector Las Vegas, lo cual se refleja en el aumento que hay de la concentración de coliformes totales, estas aumentan en 4 cifras logarítmicas, llegando hasta 1×10^6 NMP/100 ml en la Campaña 1 y 2×10^5 NMP/100

ml en la Campaña 2, por efecto de la dilución de las aguas, pues en este punto el caudal registrado en la Campaña 2 (35,9 l/s) es mayor al de la Campaña 1 (28,4 l/s).

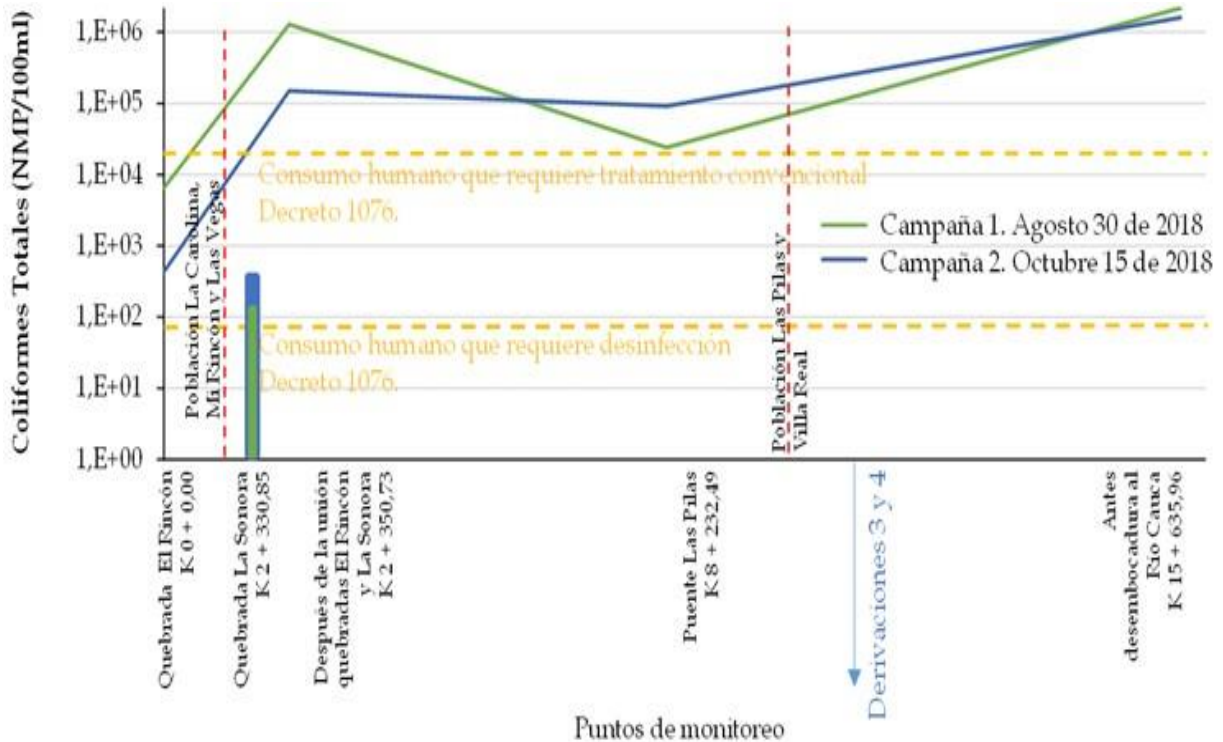


Figura 21. Perfil de Coliformes Totales en el agua del río Arroyohondo

En el tramo entre la unión de las quebradas El Rincón y La Sonora y el punto de monitoreo Puente La Pilas, la cantidad de bacterias coliformes tiene una reducción de dos unidades logarítmicas en la Campaña 1 y de una unidad logarítmica en la Campaña 2. Esto se debe a que, en el tramo, los vertimientos de ARD crudas no son significativos y las bacterias coliformes totales, registradas en la parte alta del tramo pierden viabilidad en su recorrido, como efecto del cambio de temperatura, la radiación y las condiciones adversas en general, llegando a cantidades de cuatro unidades logarítmicas. Posiblemente, la concentración de bacterias coliformes en el Puente Las Pilas, se deba principalmente a ARD vertidas recientemente o frescas, más que a las aportadas en la parte alta de la cuenca. En el último tramo del río la concentración de coliformes totales aumentó nuevamente y antes de la desembocadura al río cauca se registraron 2×10^6 NMP/100 ml en la Campaña 1 y 8×10^6 NMP/100 ml en la Campaña 2. Esto puede ser consecuencia de los vertimientos recibidos en el último tramo del río

3. Fase III. Identificación de usos potenciales: Prospectiva

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

Para el cálculo de la proyección de la demanda de agua se tuvo en cuenta la estimación del crecimiento demográfico, se revisó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial - PBOT del Municipio de Yumbo (Valle) del 2001, siendo es el más reciente, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV del corregimiento de Dapa en el municipio de Yumbo del 2016, ajuste y actualización de Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGRS de Yumbo del 2016 y Lineamientos para adelantar la revisión ordinaria de contenidos de largo plazo del PBOT de Yumbo de 2015.

En la revisión del plan de ordenamiento territorial y los planes ambientales y sectoriales no se encontró información de proyección de actividades productivas, industriales y expansión de zonas urbanas, centros poblados; además de la información suministrada por el Departamento Administrativo de planeación e informática del municipio de Yumbo, la cual, confirmo que hasta el momento no se tiene planes de expansión en esta zona, uno de los motivos más importante es el déficit de agua que se presenta en esta zona. Por lo anterior, la proyección de la demanda de agua que se presenta a continuación es solo doméstica.

Para determinar la proyección de la demanda de agua para uso doméstico, fue necesario realizar la proyección de la población y se utilizó la información de población del DANE correspondiente al censo nacional realizado en el año 2005 se encuentra desagregada a nivel de centro poblado. La base de datos utilizada se puede consultar en la página web del DANE y las proyecciones demográficas de esta misma institución, así como las cifras históricas disponibles a nivel de cabeceras y de resto del municipio desde el año 1985. La proyección se hizo tomando como tasa de crecimiento el promedio de la utilizada por el DANE en sus proyecciones 2005-2020.

En la Tabla 36 se presenta la tasa de crecimiento que se utilizó que fue de 2,39 % y el total de población proyectada de las veredas y centros poblados para el año 2028.

Tabla 36. Proyección de población al 2028 de las veredas y centros poblados de la zona de estudio

Vereda / Sector	Tasa de Crecimiento	Proyectada 2028
Sector Mi Rincón	2,39%	887
Sector La Carolina	2,39%	633
Sector Las Vegas	2,39%	507
Sector Sonora (solo la parte del punto de monitoreo No.4)	2,39%	38
Vereda Las Pilas (Sector puente las pilas y caserío Villareal)	2,39%	1203
Colegio Jefferson	2,39%	1203
Colegio Cañaverales	2,39%	617
Parcelación Lomas de Dapa	2,39%	203

Vereda / Sector	Tasa de Crecimiento	Proyectada 2028
Parcelación Colinas de Arroyohondo	2,39%	633
Vereda Miravalle	2,39%	570
Cuenca	2,39%	6493

La demanda de agua para uso doméstico se calculó por tramos y para las áreas de drenaje- Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 37 y Tabla 38, donde la proyección de demanda de agua más bajo se reporta en el tramo de 4 - 3 y el más alto en el tramo de 2 – 1. La proyección de demanda para los tramos se encuentra entre 0,06 y 3,69 l/s.

Tabla 37. Proyección demanda de agua para uso doméstico por tramos

Tramo de monitoreo	Demanda Doméstica 2028 (l/s)
Punto 6 –punto 3	3,05
Punto 4 - punto 3	0,06
Punto 3 - punto 2	2,12
Punto 2 - punto 1	3,69

En la Tabla 38 se puede observar que la proyección de demanda más alta para las áreas de drenaje se da en la zona baja del río Arroyohondo y la más baja en la cuenca de la quebrada La Chorrera. La proyección de la demanda para las áreas de drenaje se encuentra entre 0,31 y 3,69 l/s.

Tabla 38. Proyección demanda de agua para uso doméstico para las áreas de drenaje de la cuenca del río Arroyohondo

Área de drenaje	Demanda Doméstica 2028 (l/s)
Zona Alta río Arroyohondo	3,11
Zona Baja río Arroyohondo	3,69
Cuenca de la quebrada La Chorrera	0,31
Cuenca de la quebrada Pérez	1,81

La proyección de la demanda de agua obtenida por tramos y áreas de drenaje para el año 2028 en comparación a la calculada para el presente año es menor; puesto que, como se mencionó anteriormente no se cuenta con información sobre futuras actividades industriales y de tipo productivo y con antecedentes de la existencia de futuras concesiones o autorizaciones para el desarrollo de estas actividades. No se realizó ninguna clase de proyección para estos usos y no se podría decir que estas demandas se mantienen en la misma cantidad a 10 años porque se podría sobreestimar o subestimar; por eso se tomó la decisión de reportar solo la doméstica, además porque la cuenca viene presentando un proceso de urbanización alto.

3.2 Modelación de calidad de agua

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

El esquema con la topología correspondiente a la corriente, para la simulación de calidad del agua por medio del modelo computacional Qual-2K. En la Figura 22 se describen la esquematización del sistema en el cual se incorpora un esquema la representación del cauce del río, con su tributario (quebrada La Sonora) y todas sus demás entradas y salidas internas.

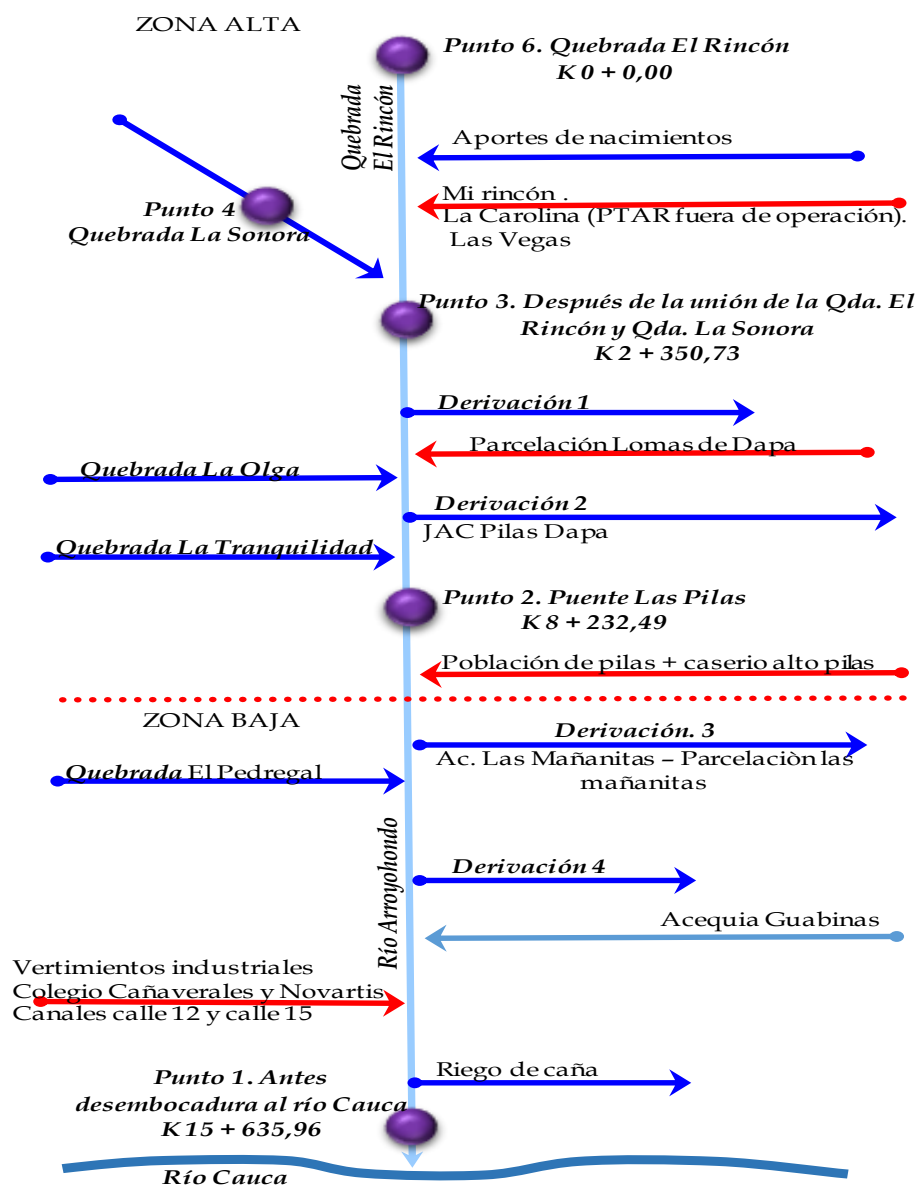


Figura 22. Esquematización del río Arroyohondo para su modelación de calidad

Para efectos de modelación se trabajó con un solo cauce, donde el tributario principal es la quebrada La Sonora. El cauce del río Arroyohondo fue definido con diez segmentos, cada uno dividido en el número de elementos longitudinales necesarios para que la longitud de cada elemento fuera cerca de 0,4 km, que es la medida del tramo más pequeño, este arreglo facilita y mejora la precisión en los cálculos de las ecuaciones de calidad. Cada uno de estos segmentos fue definido a partir de las extracciones, los vertimientos y los puntos de monitoreo, en los cuales se conoce la calidad del agua y esto es parte de la calibración.

3.3 Formulación y simulación de escenarios

Para la fase prospectiva del ordenamiento del río Arroyohondo, fueron propuestos diversos escenarios de simulación de calidad, que combinaron diferentes acciones preventivas y correctivas para el control de la contaminación aportada a las corrientes por actividades antrópicas. Los escenarios planteados para el río Arroyohondo son: el escenario actual, en el cual no se realiza ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales producidas por los centros poblados y vertidas al río. Los siguientes tres escenarios (Escenario 2, Escenario 3 y Escenario 4), son los más críticos, pues corresponden a la situación sin ningún tipo de proyecto y con aumento de la carga contaminante, pues al ser escenarios futuros hay un aumento en la población estimada para cada año. Los escenarios futuros corresponden a los escenarios definidos para corto (2 a 5 años), mediano (5 a 10 años) y largo plazo (10 a 20 años), contando a partir del año 2020.

En la construcción de los últimos tres escenarios (Escenario 5, Escenario 6 y Escenario 7) se empleó la población de los tres anteriores, para cada plazo. Adicionalmente se plantearon soluciones posibles para reducir la carga contaminante aportada al río en la condición crítica, estas soluciones fueron planteadas a partir de toda la información disponible que se reunió en el diagnóstico, los resultados de los talleres y entrevistas semiestructuradas, realizadas con la comunidad, instituciones y actores presentes en la cuenca. Esta información se cruzó y se analizó, identificando las tendencias del territorio y las comunidades.

En lo referente a las aguas residuales se empleó el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) de Dapa, porque este instrumento es la hoja de ruta para la gestión de las aguas residuales de los centros poblados de la cuenca, ya que contiene los horizontes y proyectos planteados para la cuenca.

Con el objetivo de conocer las posibilidades de gestión del agua, se exploraron posibles acciones que mejoren la calidad del río Arroyohondo. De acuerdo con el PSMV de Dapa se tiene proyectada la optimización y puesta en marcha de la PTAR La Carolina y la construcción de otras cuatro PTAR (Tabla 39).

Tabla 39. Acciones propuestas para mejorar la calidad del agua del río Arroyohondo

Vertimiento	Acción	Año meta según el PSMV	Plazo propuesto por el PORH
ARD La Carolina	Optimización de PTAR	2022	Corto
ARD Mi Rincón	Construcción y está en marcha de una PTAR	2023	Mediano
ARD Las Pilas		2021	Mediano
ARD Las Vegas		2024	Largo

Los escenarios E2, E3 y E4, se definieron con base en el aumento de la población que vierte sus ARD al río Arroyohondo y sus tributarios. Del mismo modo que se estimaron los caudales y cargas de ARD para la condición actual, se halló el número de habitantes en los años definidos, considerando las proyecciones de población. De este modo se encontraron los caudales y cargas de ARD (Tabla 40).

Tabla 40. Proyecciones de población para corto, mediano y largo plazo

Vereda / Sector	Tasa De Crecimiento	Población 2018 (Nºhabitantes)	Población Proyectada Por Año (Nº Habitantes)		
			2025	2030	2040
Vereda Las Pilas (Sector puente las pilas y caserío Villareal)	2,39%	950	1121	1261	1597
Sector Mi Rincón	2,39%	700	826	930	1178
Sector La Carolina	2,39%	500	590	664	841
Colegio Cañaverales	2,39%	487	575	647	819
Sector Las Vegas	2,39%	400	472	532	674
Parcelación Lomas de Dapa	2,39%	160	189	213	270

El Escenario 5 (E5) está planteado para el corto plazo, así que considera el aumento de la población al año 2025. Este escenario que parte del Escenario 2, con base en el cual se calculó la concentración del efluente de la PTAR la Carolina si esta fuera puesta en marcha nuevamente y funcionara de forma eficiente. Se incluyen los porcentajes de remoción medios reportados por la literatura para las unidades de tratamiento correspondientes.

El Escenario 6 corresponde al mediano plazo y el Escenario 7 al largo plazo, así que también consideran el aumento de la población. En el Escenario 6 adicionalmente se plantea la construcción y puesta en marcha de las PTAR de las poblaciones de Mi Rincón y Las Pilas, considerando que esta última incluye a Villa Real. En el Escenario 7 se plantea la construcción y puesta en marcha de las PTAR de Las Vegas.

Como parte de los resultados de la modelación, se encontró que el caudal del vertimiento aumenta en los escenarios 2, 3 y 4, debido al aumento del consumo de agua, que es proporcional al crecimiento poblacional. Por otro lado, se evidencia la reducción del OD hasta el escenario 4, debido al aumento de las descargas de vertimientos de los centros poblados de la cuenca, mientras que la DBO₅ aumenta hasta el escenario 4, debido a la carga orgánica que aportan los vertimientos.

El oxígeno disuelto en la condición crítica es mejor al de la condición con proyecto, que consiste poner en operación la PTAR ya existente y que serviría al centro poblado de La Carolina (Figura 23). Así mismo la DBO₅ es mucho menor en la condición con proyecto que sin proyecto.

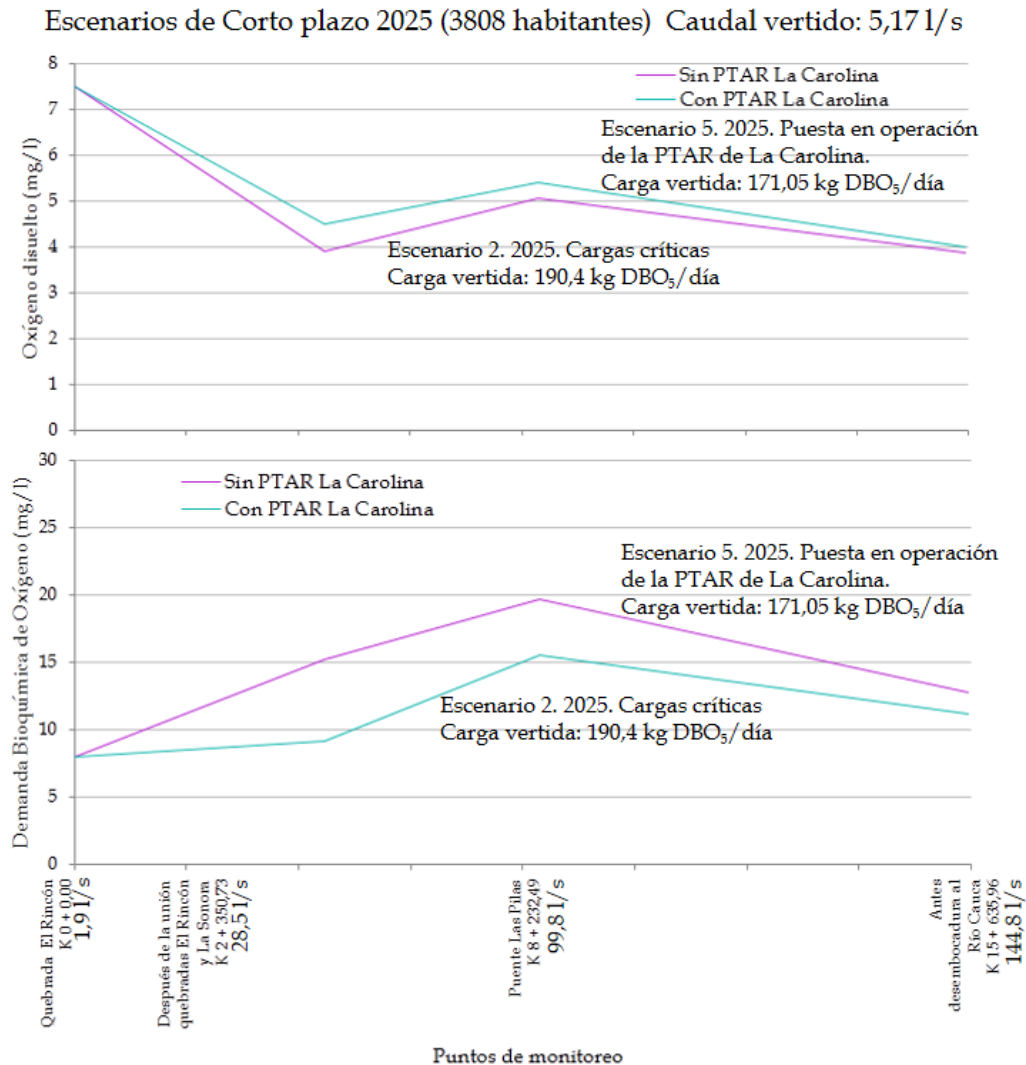


Figura 23. Comparación de los escenarios de corto plazo.

De acuerdo con el PSMV, después de poner en marcha la PTAR de La Carolina, se planea construir y poner en operación tres PTAR más, de las cuales en el Escenario 6, se considera construida y puesta en operación la del vertimiento de la Pilas Villareal. Es por esto que, en la condición con proyecto, para el escenario de mediano plazo, que corresponde al año 2030 hay una mayor diferencia entre los perfiles de DBO₅ de la condición sin proyecto a la condición con proyecto (Figura 24). En el caso del oxígeno

disuelto se mantiene una diferencia en los valores de las condiciones con y sin proyectos, pero se observa que esta diferencia es aún mayor después del punto de monitoreo Puente Las Pilas. Esto sucede porque al reducir la carga vertida, cerca de ese punto de monitoreo, se alcanzan mayores concentraciones de oxígeno disuelto en el agua.

Escenarios de mediano plazo 2030 (4287 habitantes). Caudal vertido: 5,78 l/s

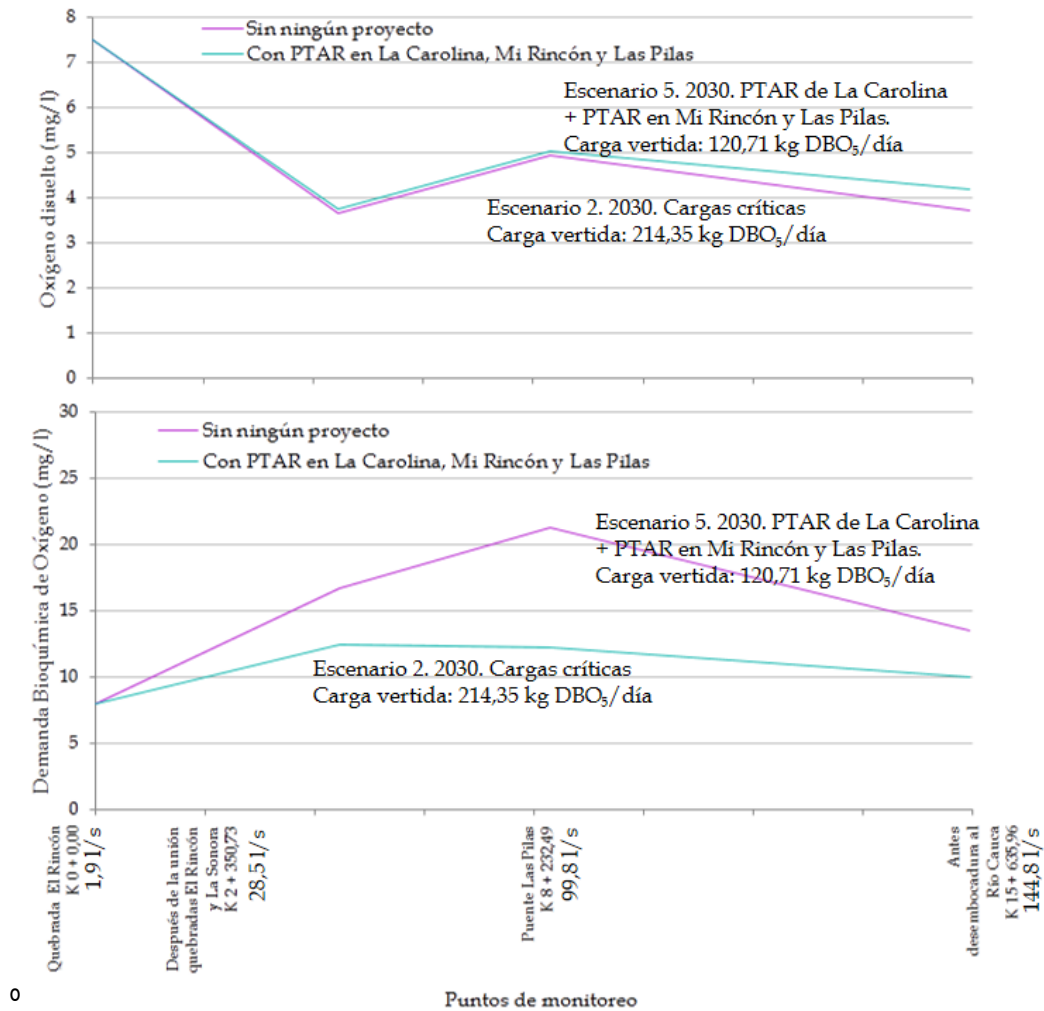


Figura 24. Comparación de los escenarios de mediano plazo

En la medida que el plazo es más largo, la población crece como es la tendencia de la zona, llegando en 2040 a 5430 habitantes, que producen 7,24 l/s de aguas residuales domésticas y 271,5 kg DBO₅/día (Figura 25). Pero al consolidarse los proyectos asociados al Escenario 7, la carga vertida será de 103,93 kg DBO₅/día. Esto da como resultado un notable aumento en la concentración del oxígeno disuelto.



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

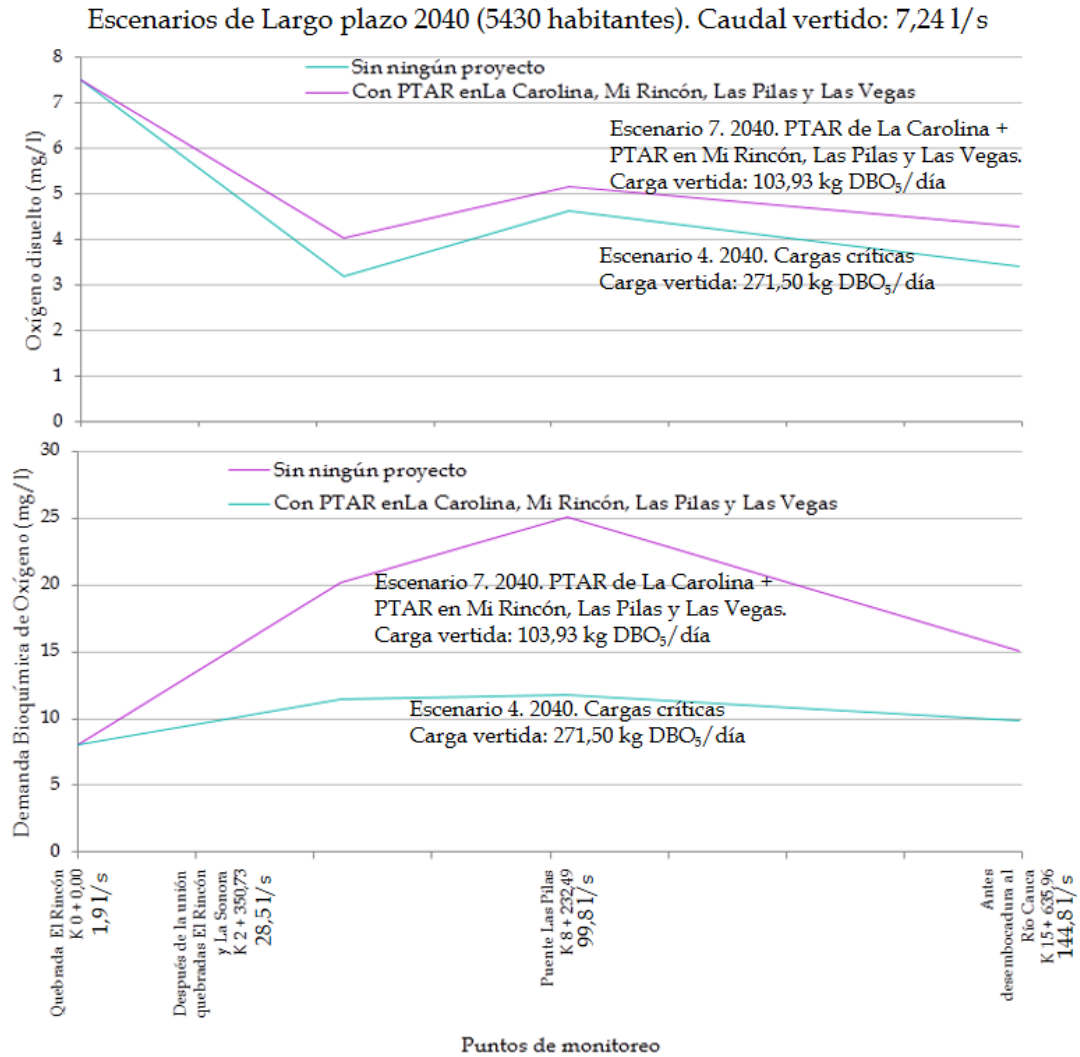


Figura 25. Comparación de los escenarios de largo plazo

3.4 Identificación de usos potenciales del recurso hídrico

Para la definición de los usos actuales y potenciales del río Arroyohondo, se consideró la información del inventario de los usuarios que captan y vierten al cuerpo de agua objeto de estudio y se consultó la normatividad que reglamenta el uso del agua establecida por el decreto 1076 de 2015, ajustando dicha definición con la revisión de información geográfica referente a usos del suelo, coberturas superficiales y zonificación ambiental.

Según el inventario de usuarios realizado durante los meses de octubre y noviembre, las actividades de desarrollo del área de influencia del río Arroyohondo y las quebradas La Sonora y El Rincón, indican que actualmente el principal uso del recurso hídrico está

orientado al consumo humano y doméstico, teniendo en cuenta que en el área de estudio el 73% de las captaciones se utilizan para este fin.

En la Figura 26 se muestran los usos actuales del río Arroyohondo y las quebradas La Sonora y El Rincón; presentados según los tramos establecidos para el análisis de usos y la modelación de calidad.

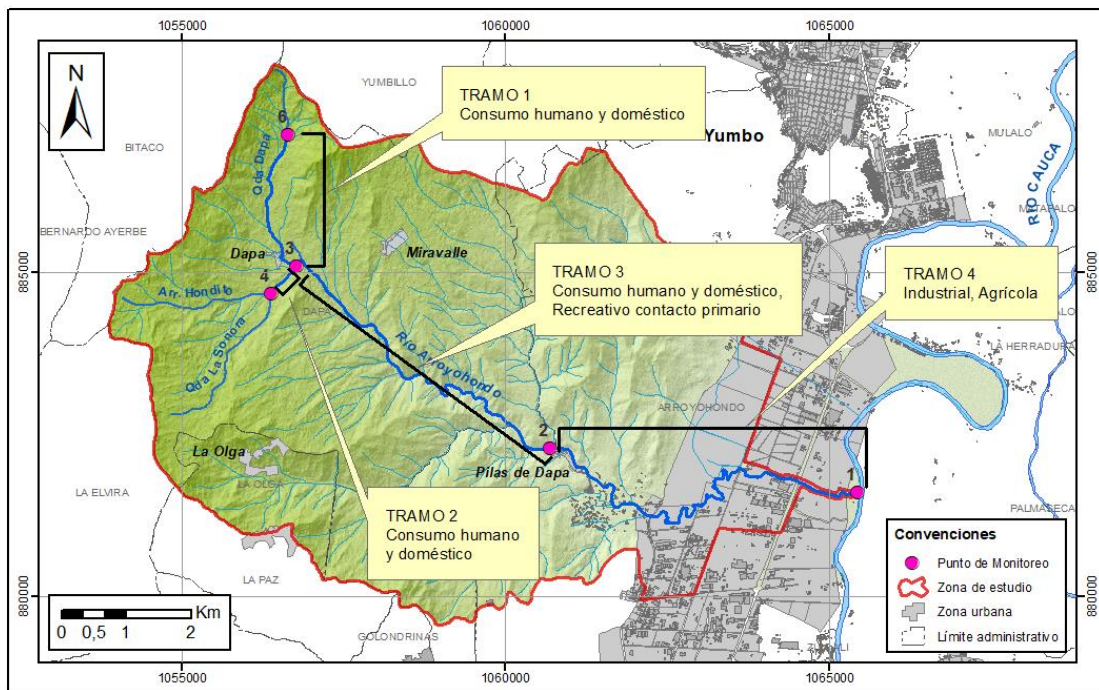


Figura 26. Usos actuales del recurso hídrico

En la Tabla 41 se presentan los usos actuales y potenciales definidos y priorizados para el cauce principal del río Arroyohondo y las quebradas El Rincón y La Sonora, considerando los tramos establecidos a partir del análisis del trabajo de campo, la consolidación de línea base y la revisión de instrumentos de planificación e información secundaria. La identificación de los usos potenciales permite orientar y definir hacia donde se debe avanzar para la recuperación de las características naturales del río, permitiendo un desarrollo sustentable y sostenible en todos los aspectos.

Tabla 41. Usos actuales y potenciales del recurso hídrico

FUENTE	TRAMO	USO ACTUAL	USO POTENCIAL			ASPECTOS AMBIENTALES
			CORTO PLAZO (1 - 5 años)	MEDIANO PLAZO (6 -10 años)	LARGO PLAZO (11-20 años)	
Río Arroyohondo	1-2 desembocadura al río Cauca - puente de las pilas	Industrial, Agrícola	Industrial	Industrial	Industrial	Práctica de producción más limpia, unificación de los vertimientos, aumento de la franja protectora de la ribera del río. Tratamiento de aguas residuales
Río Arroyohondo	2-3 Puente de las pilas – río Arroyohondo (unión quebradas)	Consumo humano y doméstico, Recreativo de contacto primario	Consumo humano y doméstico	Consumo humano y doméstico	Consumo humano y doméstico	Reforestación, aumento de la franja protectora, ecoturismo, sistema de alcantarillado. Tratamiento de aguas residuales
Quebrada La Sonora	3-4 río Arroyohondo (unión quebradas) – Quebrada La Sonora	Consumo humano y doméstico	Consumo humano y doméstico.	Consumo humano y doméstico.	Consumo humano y doméstico. Preservación de flora y fauna,	Reforestación de la ribera de la quebrada, Manejo pecuario adecuado, definición y protección de franja natural, alcantarillado y unificación de vertimientos. Tratamiento de aguas residuales
Quebrada El Rincón	3-6 río Arroyohondo (unión quebradas) – Quebrada El Rincón	Consumo humano y doméstico	Consumo humano y doméstico.	Consumo humano y doméstico.	Consumo humano y doméstico. Preservación de flora y fauna	Unificación de vertimientos, sistema de alcantarillado, Tratamiento de aguas residuales, reforestación y aumento de franja protectora, sensibilización ambiental

3.5 Clasificación de los cuerpos de agua en ordenamiento.

Para la clasificación de los tramos de análisis respecto a la admisión o no de vertimientos sobre los cauces de interés, se consideraron: la clasificación contenida en el artículo 2.2.3.2.20.1 de la sección 20 del capítulo 2 del Decreto 1076 de 2015 y los inventarios de captación y vertimientos consolidados en el proyecto. En la Tabla 42 se presenta la clasificación por vertimientos y su respectiva descripción.

Tabla 42. Clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos

CLASE	DESCRIPCIÓN	CONSIDERACIONES
Clase I	Cuerpos de agua que no admiten vertimientos	Cabeceras de las fuentes de agua
		Aguas subterráneas
		Cuerpos de agua o zonas costeras utilizadas para la recreación.
		Sector aguas arriba de bocatomas
		Cuerpos de agua especialmente protegidos
Clase II	Cuerpos de agua que admiten vertimientos con algún tratamiento	Demás cuerpos de agua no incluidos en la Clase I

En la Tabla 43 se presenta la clasificación de los cauces que componen el río Arroyohondo.

Tabla 43. Clasificación de las aguas río Arroyohondo, quebrada El Rincón y La Sonora.

Tramo	Coordenadas ¹				Clasificación
	Inicio tramo		Fin tramo		
	X	Y	X	Y	
Del punto 6 quebrada El Rincón hasta la captación de Acuarincon	887126.98	1056645.51	886553.127	1056369.36 ₉	Clase I
Desde la captación Acuarincon al punto 3 (unión de las quebradas El Rincón y La Sonora)	886553.127	1056369.36 ₉	885102.76	1056770.09	Clase II
Desde el punto 4 La Sonora al punto 3 (unión de las quebradas El Rincón y La Sonora)	884635.62	1056350.6	885102.76	1056770.09	Clase II
Desde el punto 3 (unión de las quebradas) al punto 2 (puente Las Pilas)	885102.76	1056770.09	882260.53	1060645.24	Clase II
Desde el punto 2 (puente Las Pilas) al punto 1 (antes desembocadura al río Cauca)	882260.53	1060645.24	881553.88	1065414.38	Clase II

¹Sistema de referencia: Magna Colombia Oeste

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

Los objetivos de calidad apuntan a mantener y proteger el uso destinado de las corrientes de agua de manera general para todos los usos, ya sea como suministro de agua para consumo humano y doméstico, bebida de animales, riego, pesca, recreación, industria y otros propósitos, mientras mantengan la vida acuática y/o la funcionalidad de los ecosistemas acuáticos.

Para el establecimiento de los objetivos de calidad del agua se utilizó la metodología asociada a cada uno de los usos del cuerpo de agua, usos del suelo y los escenarios de modelación de la calidad según la información base. El criterio para definir los objetivos estuvo en función de determinar el “Uso prioritario a ser protegido” a partir del cual se aseguran los demás usos involucrados, cuyos requerimientos de calidad son menos restrictivos según los estándares para cada uso del recurso.

Los objetivos de calidad definidos para cada tramo se presentan en la Tabla 44.

Tabla 44. Usos y criterios de calidad para la corriente principal del río Arroyohondo y tributarios quebrada La Sonora y quebrada El Rincón.

Tramo	Nombre del tramo	Uso	Caudal de referencia al cierre del tramo (L/s)	Criterio de calidad	Unidad	Tiempo (años)		
						Corto (1 a 5 años)	Mediano (5 a 10 años)	Largo (10 a 20 años).
I	Desde el punto 6 quebrada El Rincón hasta la captación Acuarincón	Consumo humano Preservación de flora y fauna	1,9	pH	UpH	6,5-9,0	6,5-9,0	6,5-9,0
				OD	mg/l	>7,5	>7,5	>7,5
				DBO ₅	mg/l	<5	<5	<5
				SST	mg/l	<8	<8	<8
				Coliformes fecales	NMP/100ml	<1000	<1000	<1000
II	Desde la captación Acuarincón hasta el punto 3 unión de las quebradas.	Consumo humano Preservación de flora y fauna	28	pH	UpH	6,5-9,0	6,5-9,0	6,5-9,0
				OD	mg/l	>4,5	>4,8	>5
				DBO ₅	mg/l	<5	<5	<5
				SST	mg/l	<8	<8	<8
				Coliformes fecales	NMP/100ml	<2000	<2000	<2000
III	Desde el punto 4 quebrada La Sonora hasta el punto 3 unión quebradas	Consumo humano Preservación de flora y fauna	3.0	pH	UpH	6,5-9,0	6,5-9,0	6,5-9,0
				OD	mg/l	4,5	4,8	>5
				DBO ₅	mg/l	<5	<5	<5
				SST	mg/l	<8	<8	<8
				Coliformes fecales	NMP/100ml	<1000	<1000	<1000
IV	Desde el Punto 3 unión quebradas hasta el Punto 2 puente las Pilas	Consumo humano y doméstico	122	pH	UpH	5,0-9,0	5,0-9,0	5,0-9,0
				OD	mg/l	>7,0	>5,5	>5,5
				DBO ₅	mg/l	<15,5	<9,8	<5
				SST	mg/l	<13	<9,0	<8,0
				Coliformes fecales	NMP/100ml	<2000	<2000	<2000
V	Desde el punto 2 puente las Pilas hasta el punto 1 desembocadura al río Cauca	Uso industrial, agrícola	142	pH	UpH	5,0-9,0	5,0-9,0	5,0-9,0
				OD	mg/l	>4,0	>4,0	>4,0
				DBO ₅	mg/l	<16	<10	<9,0
				SST	mg/l	12,5	9	9
				Conductividad	μS/cm	<700	<700	<700

Conforme al análisis realizado se espera el cumplimiento de los objetivos de calidad con relación al parámetro de coliformes fecales incluidos en la tabla No. 44 denominada “Usos y criterios de calidad para la corriente principal del río Arroyohondo y tributarios quebrada La Sonora y quebrada El Rincón” en el largo plazo.

Para el uso de consumo humano y doméstico del recurso hídrico en la unidad hidrográfica del río Arroyohondo, dadas las condiciones de calidad microbiológica de las aguas, se deben establecer las barreras de seguridad para garantizar la calidad del agua para dicho uso.

El uso correspondiente a la actividad recreativa mediante contacto primario en el río Arroyohondo, está restringido por las condiciones de calidad microbiológica de las aguas.

Para avanzar en el cumplimiento de los estándares establecidos en cuanto a la calidad microbiológica para estos usos, se requiere implementar la remoción de patógenos en los vertimientos que se realicen en la unidad hidrográfica del río Arroyohondo, lo cual conlleva a la realización de acciones de forma escalonada tendientes a reducir la carga orgánica y posteriormente implementar las acciones de desinfección.

3.7 Reducción de cargas contaminantes

Considerando los resultados del estudio de la modelación de la calidad del agua del río Arroyohondo, mediante el uso del modelo QUAL2K y los escenarios planteados para este cuerpo de agua, presentados anteriormente, se plantean unas metas globales quinquenales en el sector doméstico y municipal (para cada usuario del río) de cargas contaminantes de DBO₅ y SST máximas vertidas al río, que permitan garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad en cada tramo de estudio. De acuerdo con los resultados de cada escenario planteado para la descontaminación de las aguas del río Arroyohondo, se puede observar que solo a partir del escenario año 2025, en el cual se plantea hacer el mantenimiento necesario y la puesta en marcha de la PTAR de La Carolina, la concentración de DBO aportado por este vertimiento, se reduce, de 38,33 mg/l de DBO a 14,11 mg/l.

Con base en los resultados de la modelación de calidad del agua se encontró que las cargas contaminantes que dan el mejor ajuste para el cumplimiento de los objetivos de calidad deben ser consideradas como metas de reducción de cargas, corresponden a las indicadas en la Tabla 45:

Tabla 45. Cargas contaminante máximas permisibles de DBO₅ y SST a ser vertidas por las poblaciones al río Arroyohondo, con el propósito de cumplir los objetivos de calidad del agua en los tramos del estudio definidos (Escenario 7 año 2040).

Población	DBO ₅ (kg DBO ₅ /día)		SST (kg SST/día)	
	2018	Meta	2018	Meta
Las Vegas, mi Rincón y La Carolina	47,5	34	47,5	36,5
Las Pilas y Villa Real	80	29,7	80	22,4

4 Fase IV Formulación del PORH

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

Definición de objetivos de la red de monitoreo

Los objetivos del programa de monitoreo se enfocan en la generación de conocimiento de las condiciones de calidad de agua, que permitan realizar un seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad en los diferentes tramos de las corrientes hídricas y la complementación y ajuste de las herramientas de modelación.

Frecuencia en el levantamiento de la información

La frecuencia de monitoreo propuesta debe ser semestral y que coincida con el establecimiento de cargas meta y con los periodos de cierre programático planteado en el PORH. Las campañas de monitoreo deberán corresponder a época seca y época de transición.

Definición de variables a monitorear

La Tabla 46 muestra las variables de calidad para el seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad definidos en el PORH del río Arroyohondo, actualización y o ajuste a los modelos de calidad y cálculo de los índices de calidad y contaminación.

Tabla 46. Variables de calidad a monitorear en el río Arroyohondo.

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica
In situ		
pH ¹	Unidad	SM 4500 H+-B- Electrométrico
Conductividad eléctrica ¹	µS/cm	SM 2510 B
Temperatura del agua ¹	°C	SM 2510 B
Caudal	L/s	
Fisicoquímicos básicos		
Oxígeno disuelto ¹	mg/L O ₂	SM 4500 -O C. Modificación con azida
Alcalinidad ¹	mg/L CaCO ₃	SM 2320 B. Título métrico
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	SM, 2340 C. EDTA. Titulométrico
DBO ₅ Total ^{1,2}	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500 O-G. Incubación a 5 días y Electrodo de membrana
DQO Total ¹	mg/L O ₂	SM, 5220 C. Reflujo cerrado. Volumétrico
DBO última ^{1,2}	mg/L O ₂	
DBO soluble o DBO filtrada ^{1,2}	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500 O-G. Test de DBO al quinto día, usando Electrodo de membrana. Filtración a través de membrana de 0,45 µm.
Color Verdadero	u.p.c	SM, 2120 B. Comparación visual
COT (Carbono orgánico total)	mg/L C	SM 5310 B. Combustión a alta temperatura
Sólidos suspendidos totales ¹	mg/L	SM 2540 D. Gravimétrico - Secado entre 103 - 105°C
Sólidos suspendidos volátiles ¹	mg/L	SM, 2540 E. Ignición a 550°C



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Parámetros	Unidades	Técnica Analítica
Sólidos sedimentables	mL/L	SM, 2540 F
Sólidos disueltos totales	mg/L	SM, 2540 C. Secado a 180°C
Turbiedad	UNT	SM, 2130 B. Nefelométrico
Nitrógeno total ¹	mg/L N	SM, 4500 -Norg C, SM, 4500-NH3 B, C. Semi - Micro - Kjeldahl, Digestión - Destilación - Volumétrico
Nitrógeno amoniacal ¹	mg/L N-NH ₃	SM, 4500-NH3 B, C. Destilación - Volumétrico
Nitritos ¹	mg/L N-NO ₂	SM, 4500-NO ₂ – B. Colorimétrico
Nitratos ¹	mg/L N-NO ₃	SM, 4500-NO ₃ – B. Espectrometría UV
Fósforo total ¹	mg/L P	SM, 4500-P, B E. Digestión Ácido Sulfúrico - Ácido Nítrico, Ácido ascórbico
Fosfatos ¹	mg/L PO ₄	
Grasas y aceites	mg/L	SM, 5520 D. Extracción Soxhlet.
SAAM	mg/L	SM, 5540 C. Surfactantes aniónicos como Sustancias Activas al Azul de Metileno
Fenoles	mg/L	
Clorofila- <i>a</i> ⁴	mg/L Chl- <i>a</i>	
Metales y metaloides		
Hierro (Fe) ³	mg/L	SM, 3030 E, 3111 B. Absorción Atómica: Técnica de llama directa
Manganeso (Mg) ³	mg/L	SM, 3030 E, 3111 B Absorción Atómica: Técnica de llama directa
Iones		
Cloruros ³	mg/L Cl ⁻	SM, 4500 Cl- D potenciométrico
Sulfatos ³	mg/L SO ₄ ²⁻	SM, 4500-SO ₄ -2 E Titulométrico
Calcio ³	mg/L	SM, 3111 B. Digestión Ácido Nítrico - SM 3030 E-Espectrofotometría de Absorción Atómica llama directa
Magnesio ³	mg/L	SM, 3111 B. Digestión Ácido Nítrico - SM 3030 E-Espectrofotometría de Absorción Atómica llama directa
Sodio ³	mg/L	SM, 3111 B. Digestión Ácido Nítrico - SM 3030 E-Espectrofotometría de Absorción Atómica llama directa
Microbiológicos		
Coliformes totales ¹	UFC - NMP/100mL	SM9223B
Coliformes fecales ¹	UFC - NMP/100mL	SM9223B
Hidrobiológicos		
Perifiton ⁴	Org/cm ² , µg/m ² Chl- <i>a</i> y g/m ² (Peso seco)	
Macroinvertebrados ⁴	Org/cm ²	
Peces ⁴	N individuos / g especie	

Notas (superíndices):

1. La medición de los parámetros señalados se requieren para la modelación de la calidad del agua, por lo tanto, su medición es obligatoria, tanto en cuerpos de agua como en vertimientos.
2. Se debe inhibir la nitrificación en laboratorio de las DBO que sean analizadas.

3. Todos los metales, metaloides e iones indicados en la tabla anterior deberán monitorearse en los puntos de monitoreo definidos sobre los cuerpos de agua; no obstante, se podrán descartar aquellos parámetros que no se consideren relevantes o cambiar el parámetro dadas las características geológicas, tipos y usos de suelo, coberturas vegetales, vertimientos puntuales y actividades económicas en la cuenca aferente a los cuerpos de agua objeto de seguimiento.

4. Estos parámetros son de medición obligatoria en cuerpos de agua. La medición de estos parámetros se realizará de manera semestral cada dos años.

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

Definición de sitios a monitorear en calidad del agua

Con base en los resultados de la fase diagnóstico, en la determinación de la línea base de calidad, en los puntos de monitoreo ya establecidos por la Autoridad ambiental y apoyados en los resultados de la modelación en los tramos establecidos, se recomienda la ubicación de 7 puntos de monitoreo de la calidad del agua cuya descripción se presenta en la Tabla 47.

Tabla 47. Ubicación de los puntos de monitoreo para realizar el seguimiento de los objetivos y criterios de calidad.

Punto de monitoreo	Nombre de la Estación	Ubicación Estación de Monitoreo	
		N	W
P1	Antes de la desembocadura al río Cauca	881553.88	1065414.38
P2'	200 metros aguas arriba del puente Las Pilas	882279.35	1060453.73
P3	Unión quebradas	885102.76	1056770.09
P4'	10 metros aguas abajo de unión quebradas	885099.66	1056722.31
P5	quebrada Pedregal 10 metros aguas arriba del vertimiento al río Arroyohondo	881434.44	1061642.84
P6'	Blanco-antes de vertimiento de aguas residuales pecuarias y domesticas sobre la quebrada El Rincón	887341.28	1056641.33
P7'	100 metros aguas arriba del puente sobre la vía antigua Cali - Yumbo	881254.34	1062186.81

4.1.2 Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad por parte de los usuarios (captaciones y vertimientos).

A los usuarios con permisos de vertimientos se les debe requerir como mínimo un estudio anual de caracterización con duración de 12 horas, contemplando los parámetros correspondientes según la resolución 631 de 2015. La toma de muestras debe realizarse siguiendo los protocolos definidos en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del IDEAM (S.F.), Protocolo para el Seguimiento y Monitoreo



del Agua (IDEAM, 2007) y la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales (MADS, 2018).

4.1.3 Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación

Los indicadores de seguimiento para el programa de monitoreo consisten en la evaluación periódica de la realización de las actividades planteadas:

- Seguimiento al cumplimiento de los objetivos de calidad: Un estudio de caracterización sobre fuentes hídricas superficiales cada 5 años, para un total de 4 estudios en el horizonte de planificación del PORH (año 5, corto plazo; año 10, mediano plazo; años 15 y 20, largo plazo).
- Seguimiento al cumplimiento de las condiciones requeridas para el cumplimiento de los objetivos de calidad por parte de los usuarios: Un estudio de caracterización sobre vertimientos cada 5 años, para un total de 4 estudios en el horizonte de planificación del PORH (año 5, corto plazo; año 10, mediano plazo; años 15 y 20, largo plazo).
- Complementación, ajuste y actualización de las herramientas de modelación: modelo de calidad del agua para el río Arroyohondo, ajustado y actualizado cada 5 años para un total de 4 estudios en el horizonte de planificación del PORH (año 5, corto plazo; año 10, mediano plazo; años 15 y 20, largo plazo).

4.2 Estructura del componente programático del PORH del río Arroyohondo

La formulación de los proyectos y la estructura del componente programático del río Arroyohondo, se enmarco en las siguientes líneas estratégicas de la de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH:

1. Demanda de agua: implementar acciones que promuevan la caracterización, cuantificación y optimización de la demanda de agua.
2. Calidad del agua: realizar acciones encaminadas a mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico.
3. Gobernabilidad: realizar acciones para consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la gestión integral del recurso hídrico.
4. Fortalecimiento Institucional: generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico.

En función de lo anterior, a continuación, se presentan los programas propuestos para el logro de los objetivos del PORH, enmarcados en la PNGIRH.

Programa 1. Desarrollo e implementaciones de los Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua. Este programa está orientado a la implementación de fuentes alternas de agua para consumo humano, a la optimización de sistemas de potabilización, a la identificación y reglamentación de los usuarios del recurso hídrico y a la implementación de sistemas de reusó del agua, con el propósito de mejorar el abastecimiento de la comunidad y disminuir la presión sobre el recurso.



Programa 2. Fortalecimiento de la educación y cultura ambiental. Este programa está orientado a la construcción de una cultura ambiental de los usuarios del recurso hídrico, fortaleciendo los canales de comunicación, los procesos organizativos de base, trabajando juntamente con las industrias y fomentando programas de desarrollo sostenible, con el fin de mejorar la gobernabilidad sobre el recurso hídrico.

Programa 3. Gestión del plan maestro de acueducto y alcantarillado. Este programa está orientado hacia el análisis de los componentes de los sistemas y evaluación de su desempeño, contemplando así mismo la construcción de infraestructura tal como alcantarillado y STAR, así como, implementar sistemas de medición de caudal que permitan controlar la distribución.

Programa 4. Fortalecimiento de herramientas para la gestión del recurso hídrico. Programa orientado a mejorar la calidad del agua de las diversas fuentes de la cuenca del río Arroyohondo con base en la conformación y refuerzo de mesas de trabajo interinstitucionales para la GIRH y seguimiento de los procesos de densificación del territorio, teniendo como objetivo mitigar los efectos sobre el recurso generado por el vertimiento de aguas residuales domésticas y otros tensesores presentes.

La Tabla 48 presenta la estructura del componente programático definido para unidad hidrográfica del río Arroyohondo.

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA															
Nombre del Programa	Fortalecer y desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua	Objetivo General	Identificar los usuarios del recurso hídrico y ejecutar acciones para la gestión integral del recurso hídrico en torno a la demanda.												
Nombre del Proyecto	Inventario y censo para reglamentar los usuarios del río Arroyohondo	Descripción	Resultado 1. Se ha realizado el censo e inventario de usuarios. Resultado 2. Se ha realizado la identificación de las obras hidráulicas ubicadas sobre el cauce del río.												
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (meses)										Entidades Responsables		
			Diez (10) meses - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
R1. Revisión de expedientes de permisos de vertimientos y concesiones de agua otorgados en el área de estudio.	Informe Técnico. Mapa georreferenciación de usuarios. Diligenciamiento de formato de registro de usuarios del recurso hídrico.	Informe de inventario de usuarios.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC		
R1. Contacto y acercamiento con los líderes comunitarios.															
R1. Levantamiento de información en campo, georreferenciación de puntos de vertimiento y/o captación.															
R1. Diligenciamiento del formato RURH.		Número total de usuarios inventariados.													
R1. Registro fotográfico de las captaciones y vertimientos observados sobre el cauce natural en estudio.												50%		100%	
R1. Elaboración de documento del inventario de usuarios															
R2. Revisión de expedientes.		Informe técnico. Registro Fotográfico. Georreferenciación de las obras.	Informe de censo de obras hidráulicas.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%		100%	
R2. Contacto y acercamiento con los representantes de acueductos veredales.															
R2. Levantamiento de información en campo, georreferenciación de las obras hidráulicas			Diligenciamiento de fichas de identificación de obras hidráulicas.												
R2. Diligenciamiento de ficha de identificación y caracterización de cada obra hidráulica														50%	100%
R2. Registro fotográfico.															

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA										
Nombre del Programa	Fortalecer y desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua	Objetivo General	Implementar sistemas de reuso del agua residual tratada para riego y algunas actividades domesticas en la cuenca del río Arroyohondo.							
Nombre del Proyecto	Implementación de sistemas de reuso del agua residual tratada para riego y actividades domesticas	Descripción	Resultado 1. Se han diseñado los sistemas de reuso de agua residual tratada. Resultado 2. Se han construido los sistemas de reuso de agua residual tratada para riego y actividades domesticas. Resultado 3. Estan en operación los sistemas de reuso de agua residual tratada.							
Actividades		Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)					Entidades Responsables	
				Dos (2) años - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)						
				Meta	1	2	3	4	5	
R1. Levantamiento de información primaria y secundaria.										Usuarios del recurso hídrico y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, con apoyo de la academia.
R1. Estudio de selección de sistemas de reuso de agua residual tratada para riego y actividades domesticas que sean más efectivas y se adapten a las necesidades de los sectores.		Informe técnico del diseño de los sistemas de reuso de agua residual tratada.	Informe de diseño de los sistemas de reuso de agua residual tratada.	1	1					
R1. Diseño de los sistemas de reuso de agua residual tratada para riego y actividades domesticas.										
R2. Acondicionamiento de las zonas en que se instalaran los sistemas.		Sistemas de reuso de agua residual para riego y algunas actividades domesticas en las cuales se pueda usar.	Instalación del 100% de los sistemas.	100%	50%	50%				
R2. Construcción de los sistemas de medición del caudal captado.										
R3. Capacitación a la población del correcto uso y funcionamiento del sistema.		Mejoramiento de la fertilidad de los suelos. Disminución de la contaminación del río Arroyohondo. Ahorro de agua.	Número de viviendas que operan los sistemasd e reuso. Registros de la disminución del consumo de agua y vertimientos.	100%		100%				
R3. Mantenimiento de los sistemas implementados.										
R3. Supervision del funcionamiento de los sistemas.										

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA										
Nombre del Programa	Fortalecer y desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua	Objetivo General	Implementar sistemas de abastecimiento de agua domestica a los habitantes de Dapa mediante el aprovechamiento de aguas lluvias, gracias al diseño de un sistema que permita su captacion, almacenamiento y tratamiento.							
Nombre del Proyecto	Implementación de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias para abastecimiento humano y domestico.	Descripción	Resultado 1. Se ha diseñado el sistema de captacion, conducción y almacenamiento de aguas lluvias. Resultado 2. Construcción del sistemade abastecimiento de aguas lluvias.							
Actividades		Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)					Entidades Responsables	
				Cinco (5) años - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)						
				Meta	1	2	3	4		5
R1. Diseño del sistema de recolección de aguas lluvias.		Informe técnico de diseño	Informe de diseño: 1 informe	1	0.5	0.5				Juntas de Acueductos, Juntas de Acción Comunal, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y Municipio.
R1. Realizar matriz de evaluación para implementación del proyecto.										
R1. Socialización del proyecto a la comunidad.										
R2. Acondicionamiento de materiales y mano de obra.		Cantidad de agua recolectada y almacenada por cada sistema. Correcto funcionamiento del sistema.	Número de viviendas con el sistema. Cumplimiento de cronograma.	100%				50%	50%	
R2. Montaje de sistemas de captación y almacenamiento en cada una de las viviendas.										
R2. Monitoreo del funcionamiento del sistema.										
R2. Capacitación a la comunidad del correcto uso y mantenimiento del sistema.										

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA														
Nombre del Programa	Fortalecer y desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua	Objetivo General	Mejorar las condiciones de la calidad del agua para consumo humano doméstico de los habitantes del corregimiento de Dapa.											
Nombre del Proyecto	Optimización y mejoramiento de los sistemas de potabilización de los acueductos veredales.	Descripción	Resultado 1. Se ha diseñado la PTAP para cada uno de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y doméstico de las comunidades. Resultado 2. Construcción y puesta en funcionamiento de las PTAP para cada uno de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y doméstico de las comunidades.											
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables
			Diez (10) años - Plazo de ejecución: mediano (5 a 10 años)											
			Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R1. Reunión con cada una de las juntas administradoras de los sistemas de abastecimiento de agua.	Informes técnicos de diseños.	Informe de diseño: 1 informe por sistema diseñado.	100%	30%	30%	40%								Juntas de Acueductos, Juntas de Acción Comunal, municipio de Yumbo, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia.
R1. Socialización del proyecto a la comunidad.														
R1. Diseño de las PTAP.														
R2. Acopio de materiales y mano de obra.	Correcto funcionamiento del sistema. Pruebas de laboratorio de la calidad del agua a la salidad de la PTAP. Cumplimiento de la norma del agua para consumo humano.	Número de PTAP construidos. Número de PTAP funcionando. Cumplimiento de cronograma.	100%			12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%	12.5%		
R2. Construcción de las PTAP.														
R2. Puesta en funcionamiento de la PTAP.														
R2. Monitoreo del funcionamiento del sistema.														
R2. Capacitación a la comunidad del correcto uso y mantenimiento del sistema.														

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA															
Nombre del Programa	Fortalecer y desarrollar los planes de uso eficiente y ahorro del agua	Objetivo General	Diseñar, construir y operar los sistemas de medición del caudal captado del río Arroyohondo y las quebradas La Sonora y El Rincón												
Nombre del Proyecto	Construir sistemas de medición de caudal en cada una de las bocatomas que se encuentran sobre el río Arroyohondo y las quebradas La Sonora y El Rincón	Descripción	Resultado 1. Se han diseñado los sistemas de medición del caudal captado. Resultado 2. Se han construido los sistemas de medición del caudal captado en cada una de las bocatomas. Resultado 3. Están en operación los sistemas de medición del caudal captado.												
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)											Entidades Responsables	
			Diez (10) años - Plazo de ejecución: mediano (5 a 10 años)												
			Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
R1. Levantamiento de información primaria y secundaria.	Informe técnico del diseño de los sistemas de medición.	Informe de diseño: 1 informe.	1	1											Usuarios del recurso hídrico y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC
R1. Recorridos con las Asociaciones y Juntas administradoras de acueductos veredales.															
R1. Estudios Previos.															
R1. Diseños de los sistemas de medición del caudal captado.															
R2. Recorridos e inspecciones de campo.	Fichas técnicas. Sistemas de medición.	Instalación del 100% de los sistemas de medición del caudal captado. Fichas técnicas de cada sistema de medición implementado.	100%	10%	20%	20%	20%	20%	20%	10%					
R2. Construcción de los sistemas de medición del caudal captado.															
R3. Capacitación al personal encargado de la recolección, análisis y procesamiento de la información.	Registro de datos tabulados. Gráficas del consumo de agua.	Registro de los caudales captados.	100%									30%	30%	40%	
R3. Recolección de la información.															
R3. Análisis y procesamiento de la información.															
R3. Mantenimiento de los sistemas implementados.															

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: CALIDAD DE AGUA														
Nombre del Programa	Gestión del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado	Objetivo General	Diseñar y construir la red de alcantarillado en los sectores de Mi Rincón, Las Pilas y Las Vegas.											
Nombre del Proyecto	Construcción de redes de alcantarillado en el sector de Mi Rincón, Las Pilas y Las Vegas.	Descripción	Resultado 1. Se ha diseñado y construido el sistema de alcantarillado del sector Las Pilas. Resultado 2. Se ha diseñado y construido el sistema de alcantarillado del sector Las Vegas. Resultado 3. Se ha diseñado y construido el sistema de alcantarillado del sector Mi Rincón.											
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables	
			Diez (10) años - Plazo de ejecución: largo (10 a 20 años)											
			Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R1. Levantamiento topográfico.	Diseño de la obra. Informe Técnico. Obra constuida. Correcto funcionamiento.	Informe de diseño: 1 informe.	1	1										Municipio de Yumbo.
R1. Estudios de suelos.														
R1. Estudios sociales y ambientales.		Cumplimiento del 100% del cronograma de construcción de obra.	1			1								
R1. Diseño hidráulico y estructural del alcantarillado.														
R1. Construcción del alcantarillado.		Diseño de la obra. Informe Técnico. Obra constuida. Correcto funcionamiento.	Informe de diseño: 1 informe.	1					1					
R2. Levantamiento topográfico.														
R2. Estudios de suelos.			Cumplimiento del 100% del cronograma de construcción de obra.	1						1				
R2. Estudios sociales y ambientales.														
R2. Diseño hidráulico y estructural del alcantarillado.		Diseño de la obra. Informe Técnico. Obra constuida. Correcto funcionamiento.	Informe de diseño: 1 informe.	1								1		
R2. Construcción del alcantarillado.														
R3. Levantamiento topográfico.			Diseño de la obra. Informe Técnico. Obra constuida. Correcto funcionamiento.	Informe de diseño: 1 informe.	1									
R3. Estudios de suelos.														
R3. Estudios sociales y ambientales.	Cumplimiento del 100% del cronograma de construcción de obra.	1											1	
R3. Diseño hidráulico y estructural del alcantarillado.														
R3. Construcción del alcantarillado.														

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: CALIDAD DE AGUA															
Nombre del Programa	Gestión del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado	Objetivo General	Diseñar y construir tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el tratamiento de los ARD de los centros poblados de Mi Rincón, Las Vegas y Las Pilas.												
Nombre del Proyecto	Diseño, construcción y optimización de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para los centro poblados de Mi Rincón, La Carolina, Las Vegas y Las Pilas	Descripción	<p>Resultado 1. Se ha diseñado y construido la PTAR del centro poblado de Mi Rincón, Las Vegas y Las Pilas.</p> <p>Resultado 2. Se ha logrado la remoción de las cargas contaminantes de las aguas residuales del centro poblado de Mi Rincón, Las Vegas y Las Pilas.</p> <p>Resultado 3. Se ha realizado el mantenimiento de la PTAR del sector de La Carolina.</p>												
Actividades		Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)										Entidades Responsables	
				Diez (10) años - Plazo de ejecución: mediano (10 a 20 años)											
				Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R1. Levantamiento topográfico.		Informe Técnico. Obra Construida. Correcto Funcionamiento.	Informe de diseño: 1 Informe	3			1			1			1		Municipio de Yumbo.
R1. Estudios de suelos.			Cumplimiento del 100% del cronograma de construcción de obra					1			1			1	
R1. Estudios sociales y ambientales.															
R1. Estudio de selección de tecnologías de tratamiento de aguas residuales que sea más efectivo y sostenible.															
R1. Diseño hidráulico y estructural de los componentes de la planta.															
R1. Construcción de la PTAR.															
R2. Caracterización de las aguas residuales de los centros poblados de Mi Rincón, Las Vegas y Las Pilas .		Mediciones de los parámetros de la calidad del agua a la entrada y a la salida de la PTAR que exige la norma.	Remoción de la carga como mínimo en un 80%.	80%						80%					
R2. Informe del proceso de tratamiento.															
R2. Análisis de laboratorio certificado por el IDEAM.															
R3. Limpieza del tanque séptico.		Mediciones de los parámetros de la calidad del agua a la entrada y a la salida de la PTAR que exige la norma.	Remoción de la carga como mínimo en un 80%.	1		1									
R3. Limpieza de filtro anaerobio.															
R3. Limpieza de humedal.															
R3. Caracterización y análisis fisicoquímico del vertimiento de la PTAR.															

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: CALIDAD DE AGUA													
Nombre del Programa	Gestión del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado	Objetivo General	Fomentar el uso de prácticas agroambientales sostenibles que incorporen estrategias de producción más limpia (PML) en la zona de influencia del río Arroyohondo.										
Nombre del Proyecto	Fomentar practicas agroambientales sostenibles que incorporen estrategias de producción más limpia (PML)	Descripción	<p>Resultado 1. Se ha diseñado una guía con estrategias de PML para los sectores servicios y producción que se encuentra en la zona de estudio.</p> <p>Resultado 2. Se han realizado talleres de capacitación de PML a los encargados de los sectores servicio (administradores de restaurantes) y producción (dueños de fincas, productores agrícolas y administradores) de los beneficios tanto económicos como ambientales que genera el uso de estas estrategias.</p> <p>Resultado 3. Se han realizado campañas de sensibilización en los sectores turísticos tanto públicos como privados (reservas ecoturísticas).</p>										
Actividades		Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (meses)							Entidades Responsables		
				Siete (7) meses - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)									
				Meta	1	2	3	4	5	6	7		
R1. Levantamiento de información primaria y secundaria.		Guía de estrategias de PML para la zona de estudio.	Levantamiento de información.	1	1								Sector servicios (restaurantes y turismo) y productores de la zona de estudio. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC.
R1. Diagnosticar los procesos actuales que utilizan los sectores para prestar sus servicios.			Dianóstico y estudio.	2		1	1						
R1. Estudio de selección de estrategias de PML que sea más efectivas y se adapten a las necesidades de los sectores.			Diseño de la guía.	2				1	1				
R1. Diseño y estructura de la guía de estrategias de PML.		Adaptación o adecuación de los sistemas actuales productivos y de servicios en la zona. Seguimiento a los compromisos pactados.	Diseño de talleres.	3					1	2			
R2. Identificar los administradores o dueños de fincas productoras, restaurantes, reservas ecoturísticas y negocios que presten servicios turísticos y que tengan incidencia directa sobre la zona de estudio.			Ejecución y evaluación del taller.	Ejecución y evaluación del taller.	5%						2	3	
R2. Diseñar los talleres de sensibilización y capacitación de PML de los sectores productivos y de servicios de la zona de estudio.		Puntos ecológicos. Vallas informativas. Letreros alusivos a la conservación de las zonas. Señalización.		Diseño y ejecución de campañas.	4						1	3	
R2. Efectuar la realización de los talleres de sensibilización y capacitación de PML y pactar con los sectores el compromiso de adaptar e implementar las estrategias de PML.			Instalación de letreros y señalización.	Instalación de letreros y señalización.	2							2	
R2. Evaluación del desarrollo y cumplimiento de los objetivos de los talleres.													
R3. Diseñar las campañas de sensibilización en los sectores turísticos tanto públicos como privados.													
R3. Realizar campañas de sensibilización en los sectores turísticos tanto públicos como privados.													
R3. Instalación de puntos ecológicos.													
R3. Instalación letreros informativos y de señalización.													

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL																
Nombre del Programa	Fortalecimiento de herramientas para la gestión del recurso hídrico.	Objetivo General	Generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico.													
Nombre del Proyecto	Articulación de los resultados del PORH a la mesa del Consejo Departamental de Ambiente y Gestión Integral del Recurso Hídrico - CODEPARH	Descripción	Resultado 1. Gestión con entes departamentales y municipales, para la inclusión a la mesa CODEPARH. Resultado 2. Socialización de los resultados del PORH. Resultado 3. Conformación de una agenda de trabajo para apoyar y acompañar los ejes programáticos del PORH. Resultado 4. Seguimiento a los proyectos del Plan Programático del PORH.													
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)												Entidades Responsables	
			Un (1) año - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)													
			Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
R1. Visitas a CODEPARH.	Registros internos, cartas, emails, registros de llamadas telefónicas.	Reuniones.	1		1											CODEPARH. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Acuavalle. Secretaría de Ambiente. Departamento de Planeación Departamental.
R1. Entrega de cartas e invitaciones.																
R2. Convocatoria a reunión.	Actas. Registro fotográfico. Listados de asistencia.	Reunión de socialización de resultados.	1			1										
R2. Organización y logística para el encuentro.																
R2. Socialización de los resultados del PORH.																
R2. Compromisos establecidos.																
R3. Convocatoria a reunión.	Listados de asistencia. Actas. Listados de asistencia.	Cronograma semestral de actividades y temas a abordar.	2				1			1						
R3. Organización y logística para el encuentro.																
R3. Discusión y plenaria sobre las problemáticas ineludibles a abordar en el territorio.																
R3. Conformación de una agenda semestral de trabajo.	Actas. Listados de asistencia.	Visitas y reuniones .	100%				10%	10%	10%	10%	10%	20%	10%	10%	10%	
R4. Participación en las actividades ejecutadas dentro de los proyectos del Plan Programático.																
R4. Seguimiento y evaluación a las actividades.																
R4. Retroalimentación a los distintos grupos de participación social e instituciones y/o organizaciones de consultoría ambiental.																

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GOBERNABILIDAD																	
Nombre del Programa	Fortalecimiento de la educación y cultura ambiental.	Objetivo General	Generar conciencia de los problemas ambientales ligados a las acciones ejercidas sobre el río Arroyohondo asumiendo la responsabilidad frente a la búsqueda de soluciones tendientes a la conservación y protección de este.														
Nombre del Proyecto	Fortalecimiento de la educación y cultura ambiental.	Descripción	<p>Resultado 1. Realizar alianzas con instituciones educativas del sector para fortalecer los Proyectos Ambientales Escolares PRAES.</p> <p>Resultado 2. Realizar alianzas y Firmar convenios con instituciones ambientales y organizaciones comunitarias ambientales para el apoyo en proceso formativo con la comunidad.</p> <p>Resultado 3. Talleres de formación y capacitación teórico prácticos en cultura ambiental y gestión del recurso hídrico.</p> <p>Resultado 4. Acompañamiento, seguimiento y evaluación a los planes de fortalecimiento en educación y cultura ambiental.</p>														
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)												Entidades Responsables		
			Meta	Un (1) año - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
R1. Visitas a instituciones educativas	Convenios de cooperación firmados. Actas	Número de instituciones educativas del sector con alianzas al proyecto.	2	1	1											Alcaldía de Yumbo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. Comunidad en general. Organizaciones de base.	
R1. Levantamiento de información sobre PRAES																	
R1. Socialización PORH																	
R1. Articulación de propuestas – Agendas PORH - PRAES	Convenios de cooperación firmados. Actas.	Número de instituciones con alianzas y convenios firmados de cooperación en el primer trimestre.	100%		10	45	45										
R2. Visitas a organizaciones comunitarias y ambientales.																	
R2. Socialización PORH – Diagnóstico socio ambiental																	
R2. Articulación de propuestas y firma convenios.																	
R2. Formulación de proyectos.																	
R2. Gestión de recursos logísticos y financieros.																	
R2. Convenios institucionales.																	
R3. Convocatoria a talleres.	Listados de asistencia. Filmaciones. Registro fotográfico.	Número de talleres de formación en cultura ambiental y gestión del recurso hídrico. recibidos por la comunidad.	100%				10	10	10	20	10	10	10	10	10		
R3. Organización y logística para el taller.																	
R3 Ejecución del taller.																	
R3. Elaboración cronograma de trabajo/talleres.																	
R4. Construcción de formato de evaluación.	Actas. Listados de asistencia.	Número de visitas de seguimiento para acompañamiento y evaluación.	100%				10	10	10	10	10	20	10	10	10		
R4. Visitas y aplicación de evaluación																	
R4. Sistematización base de datos.																	
R4. Formulación de propuestas de mejoramiento y/o acompañamiento																	

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GOBERNABILIDAD																		
Nombre del Programa	Fortalecimiento de la educación y cultura ambiental.	Objetivo General	Apoyar las organizaciones comunitarias de base, para el fortalecimiento de la participación y en la toma de las decisiones en los procesos socios ambientales gestados en sus territorios.															
Nombre del Proyecto	Fortalecimiento de los procesos organizativos de base – JAC, Juntas de acueductos.	Descripción	<p>Resultado 1. Se identificó el territorio y las organizaciones comunitarias presentes.</p> <p>Resultado 2. Se realizó un autodiagnóstico y una línea base que permitió construir participativamente el plan de fortalecimiento, acompañamiento, seguimiento y evaluación.</p> <p>Resultado 3. Se diseñaron planes de fortalecimiento (proyectos), con cada organización comunitaria y se acompañó en la gestión logística y/o financiera de los planes.</p> <p>Resultado 4. Acompañamiento, seguimiento y evaluación a los planes de fortalecimiento.</p>															
Actividades	Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)												Entidades Responsables			
			Un (1) año - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)															
			Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12		
R1. Visitas y georreferenciación organizaciones.	Registros internos institucionales (Actas).	Base de datos con organizaciones comunitarias identificadas.	1	0.5	0.5												Alcaldía de Yumbo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.	
R1. Levantamiento de información de las organizaciones.																		
R1. Sistematización de la información.																		
R1. Construcción de un directorio de organizaciones comunitarias.		Documento de informe	Informe de diagnóstico participativo.	100%		10%	45%	45%										
R2. Identificación de problemas y conflictos organizacionales.																		
R2. Elaboración matriz DOFA.																		
R2. Caracterización organizativa, política, social y participativa de las organizaciones de base.		Documento final. Actas. Documento de convenio.	Número de planes y/o proyectos de cada organización. Numero alianzas gestionadas con otras instituciones.	100%						20%			30%	40%	10%			
R3. Formulación de proyectos.																		
R3. Gestión de recursos logísticos y financieros.																		
R3. Ejecución del taller.		Número de visitas de seguimiento para acompañamiento y evaluación.	Actas. Listados de asistencia.	100%				10%	10%	10%	20%	20%	10%	10%	10%	10%		
R3. Convenios institucionales.																		
R4. Construcción de formato de evaluación.																		
R4. Visitas y aplicación de evaluación																		
R4. Sistematización base de datos.																		
R4. Formulación de propuestas de mejoramiento y/o acompañamiento.																		

Tabla 48. Componente programático del PORH del río Arroyohondo y tributarios quebrada el Rincón y La Sonora.

LINEA ESTRATEGICA: GOBERNABILIDAD																		
Nombre del Programa	Conservación de la franja forestal protectora del río.	Objetivo General	Identificar las zonas de interés ambiental y definir áreas protegidas y franjas de protección del río.															
Nombre del Proyecto	Conservación de la franja forestal protectora del río.	Descripción	Resultado 1. Identificación de las áreas de interés ambiental. Resultado 2. Campañas educativas ambientales y de sensibilización a la comunidad.															
Actividades		Fuentes de verificación	Indicador	Horizonte de tiempo PORH (años)												Entidades Responsables		
				Un (1) año - Plazo de ejecución: corto (2 a 5 años)														
				Meta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	
R1. Revisión de información secundaria.		Informe técnico de identificación de áreas de interés ambiental, consideradas para preservación.	Informe de identificación de las zonas de conservación.	100%				10%					30%				60%	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, con el apoyo de Alcaldía municipal, JAC, CORDAPA, Habitantes de la zona.
R1. Recorrido en campo para identificar condiciones actuales de la franja protectora de la ribera del río.			Mapa con zonificación de las áreas de conservación.	100%													100%	
R1. Selección de criterios e identificación de amenazas y restricciones.		Listados de asistencia. Registros fotográficos. Informe de actividades llevadas a cabo con la comunidad.	Asistencia de la comunidad a talleres de sensibilización ambiental.	Número de personas														
R1. Modelación espacial y definición de métodos de optimización.			Informe de actividades realizadas con la comunidad.	100%			10%			20%			30%				50%	
R1. Identificación de áreas potenciales para preservación de flora y fauna.																		
R2. Contacto y acercamiento con los líderes comunitarios y principales instituciones que tengan injerencia sobre el área de estudio.																		
R2. Reuniones de sensibilización e informativas acerca de la importancia de las áreas protegidas.																		
R2. Campañas de promoción y educación ambiental con apoyo de los colegios e instituciones educativas.																		
R2. Registro fotográfico.																		

4.3 Articulación con el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica POMCA 02631

En las actividades enmarcadas en el desarrollo del PORH se debe realizar una articulación con el POMCA en los temas que se consideren críticos para el logro de los objetivos propuestos. La fase de diagnóstico se articulará en las actividades relacionadas con la caracterización inicial en lo correspondiente a la revisión y análisis de información secundaria; la caracterización de actores para el diseño de la estrategia de participación y en la revisión de expedientes como actividad preliminar al inventario de usuarios.

Para la fase de identificación de usos potenciales, el trabajo de las actividades relacionadas con la identificación de la cobertura y uso del suelo se llevará a cabo en conjunto con el desarrollo del POMCA. Por último, en la fase de elaboración del PORH, los resultados obtenidos en las actividades de asignación de usos, información de usuarios, definición de objetivos de calidad y definición de cargas contaminantes, serán socializados al desarrollo del POMCA, con el fin de que estos incorporen el análisis y nivel de detalle de los escenarios propuestos por el PORH, en los proyectos de descontaminación del río Arroyohondo, uso eficiente y ahorro del agua, instrumentación de las cuencas y en general proyectos que tengan como propósito mejorar la gestión y planificación del recurso en las cuencas hidrográficas.

En la Figura 27 se presentan las actividades, y la propuesta de articulación entre los dos instrumentos de planificación.

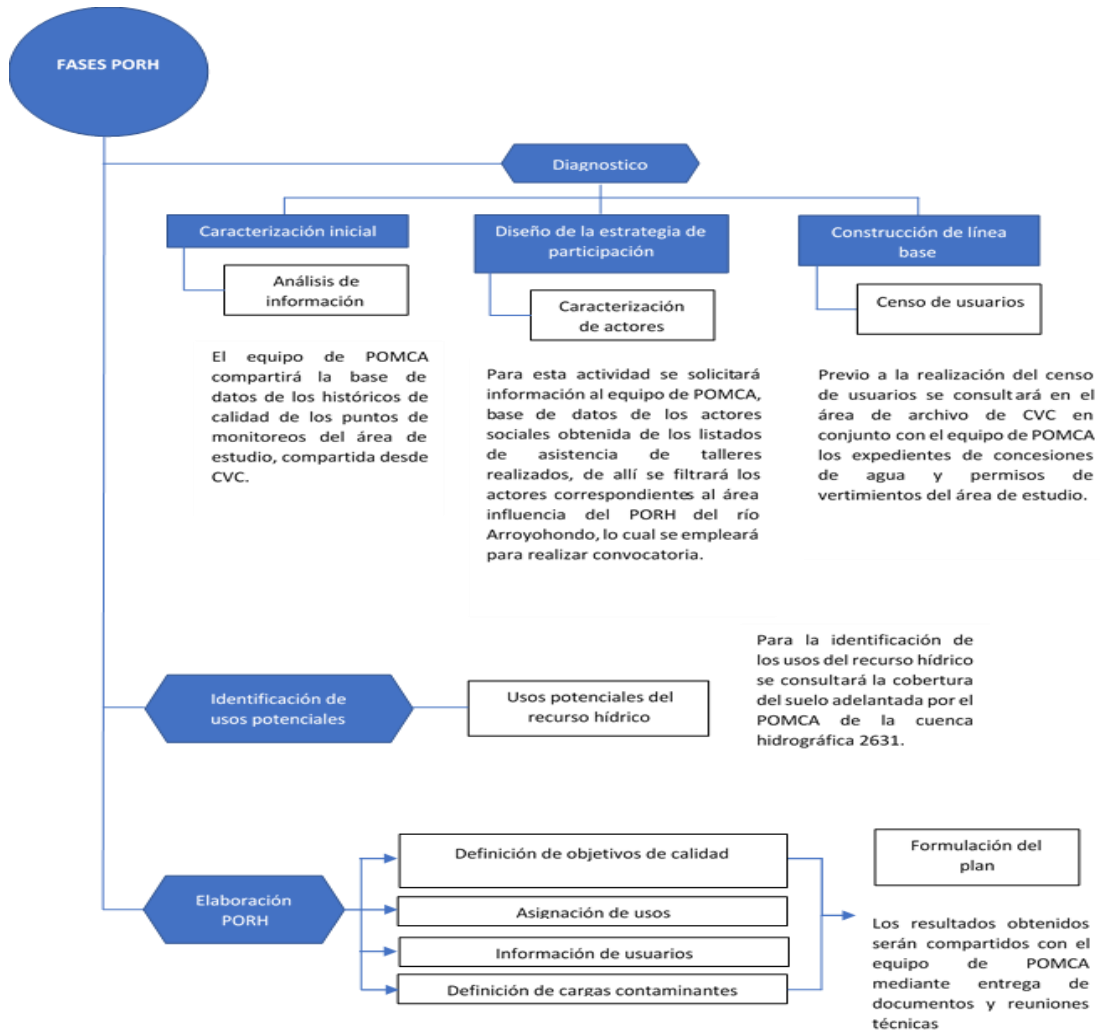


Figura 27. Ruta de articulación entre el POMCA y el PORH.



Bibliografía

Fundación PROAGUA (2018). Documento técnico de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del río Arroyohondo y sus tributarios quebrada El Rincón y La Sonora.