

ESTRATEGIAS DE MONITOREO REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

***EN LA CUENCA DEL RÍO TILLAVÁ -
DEPARTAMENTO DEL META
APLICACIÓN FASE IV - ANÁLISIS DE DATOS
(2020-2023)***

SEPTIEMBRE

2024

Rodrigo Elías Negrete Montes

Director General

Luis Enrique Orduz Valencia

Subdirector Instrumentos
Permisos y Trámites
Ambientales

Camilo Andrés Bernal Forero

Coordinador

Grupo de Regionalización
y Centro de Monitoreo

Jairo Alberto Ruiz López

Líder

Implementación Regional

Yuli Carolina Velandia Roncancio

Luisa Nathalie Hernández
Calderón

Profesionales

Gloria Patricia Moscote Ordoñez

Líder Temático (Revisión)

Componente Hídrico Superficial



Contenido

INTRODUCCIÓN	3
1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL.....	4
1.1 Expedientes relacionados con la estrategia de monitoreo	5
1.2 Localización de los puntos de monitoreo definidos en la estrategia	5
1.3 Periodicidad del monitoreo.....	7
1.4 Parámetros de monitoreo	7
2 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE ANÁLISIS.....	8
3 ANÁLISIS REGIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO TILLAVÁ.....	9
3.1 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis.....	10
3.2 Resultados estadísticos y tendencia de parámetros de calidad de agua por cuerpo de agua	11
3.2.1 Río Tillavá.....	11
3.2.2 Caño Rubiales	18
3.2.3 Caño Masififeriana.....	23
3.3 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio	27
3.3.1 Sólidos suspendidos totales	27
3.3.2 pH	29
3.3.3 Oxígeno disuelto.....	30
3.3.4 Coliformes totales	31
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
4.1 Conclusiones Generales	33
4.2 Conclusiones Específicas por cuerpo de agua de la red regional de monitoreo ...	34
4.2.1 Río Tillavá.....	34
4.2.2 Caño Rubiales	35
4.2.3 Caño Masififeriana.....	35
4.3 Alertas regionales (internas)	36
5 BIBLIOGRAFÍA	36





INTRODUCCIÓN

La estrategia de monitoreo regional del componente hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá – Departamento del Meta, establece la estandarización de los parámetros, frecuencias y lugares para el monitoreo regional de calidad del recurso hídrico superficial. Dicha estandarización permite reconocer, mediante el análisis espacio-temporal sistemático de los resultados de monitoreo, los factores de alteración que se puedan presentar en el componente hídrico superficial, asociados a las actividades del sector de hidrocarburos que se desarrollan en el Departamento del Meta, esto ofrece a la Autoridad Ambiental un sustento técnico esencial para determinar si existe o no la acumulación de impactos sobre el recurso hídrico superficial en la región y la eventual necesidad de imponer nuevas restricciones ambientales que se consideren pertinentes a los proyectos de competencia de la ANLA.

Las estrategias de monitoreo son una línea de acción de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales (SIPTA) desarrollada por el Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, que busca optimizar el seguimiento de los proyectos objeto de licenciamiento ambiental y el proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos EIAc, a través del fortalecimiento del monitoreo regional y brinda información de las condiciones ambientales de una región estratégicamente seleccionada, en este caso particular, la cuenca del río Tillavá – Departamento del Meta.

Las estrategias de monitoreo son desarrolladas a partir de cuatro Fases:

- Fase I: Selección de proyectos y se formulan las condiciones de tiempo, modo y/o lugar en la región seleccionada.
- Fase II: Participación en los proyectos seleccionados e implementación de la estrategia.
- Fase III: Adopción de los requerimientos de la estrategia
- Fase IV: Remisión datos periódicos del monitoreo.

En el departamento del Meta, la ANLA identificó que la cuenca del río Tillavá, nivel subsiguiente de la subzona hidrográfica del Ato Vichada, constituye un área en la cual se requiere fortalecer el monitoreo del recurso hídrico dado el gran potencial hidrocarburífero del territorio, esto con base en el número de proyectos que se desarrollan por parte de dicho sector.

La priorización de la cuenca del río Tillavá por ambas autoridades ambientales fue el hito para el despliegue de múltiples diagnósticos ambientales por parte de la ANLA en la región, de los cuales se destacan el Documento técnico de formulación de la Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá elaborado en 2018, la





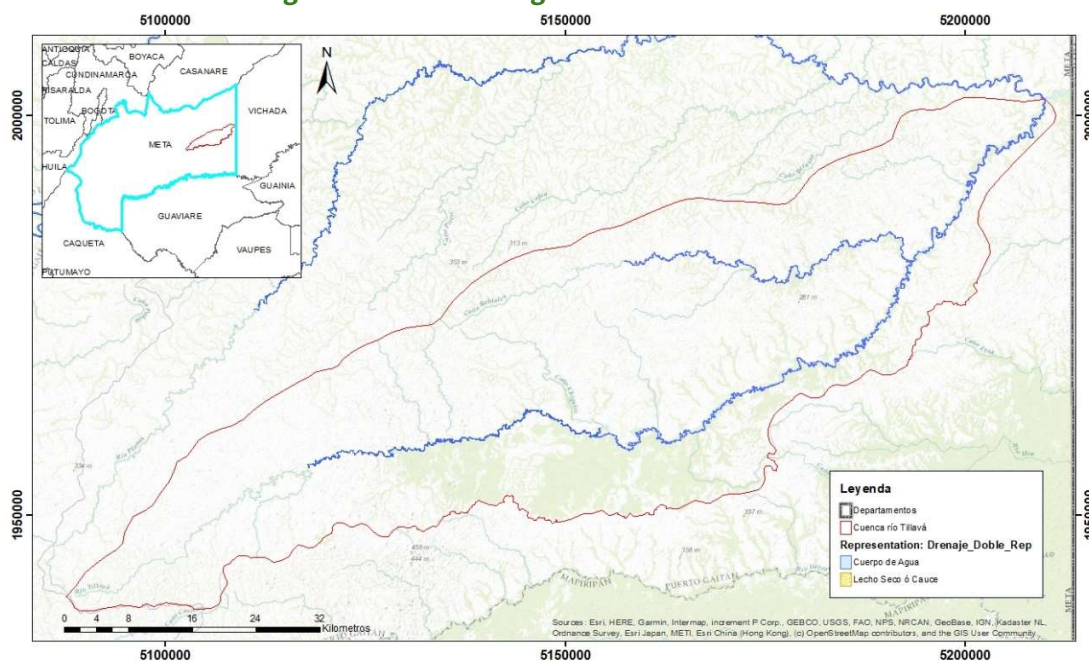
Estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo en 2019 y el Reporte de Alertas de las subzonas hidrográficas del Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco publicado en marzo de 2020.

Este documento presenta el análisis de los datos presentados por los cinco (5) proyectos que, dada su complejidad, uso y aprovechamiento de recurso hídrico superficial, fueron priorizados para la configuración de una red de monitoreo del componente hídrico superficial, incluyendo los monitoreos realizados en los años 2020, 2021, 2022 y 2023, con fecha de corte documental 30 de julio de 2024.

1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL

Como ya se ha mencionado, esta estrategia se focaliza en los proyectos del sector de hidrocarburos ubicados en la cuenca del río Tillavá del departamento del Meta, como se muestra a continuación:

Figura 1 Localización general cuenca del río Tillavá



Fuente: ANLA, 2024

A continuación, se presentan los expedientes que hacen parte de la estrategia, así como la localización, parámetros y demás condiciones de la estrategia de monitoreo regional de la cuenca del río Tillavá que ha sido implementada para los proyectos del sector hidrocarburos.



1.1 Expedientes relacionados con la estrategia de monitoreo

Los expedientes vinculados a la estrategia son los que se indican a continuación. Se muestra adicionalmente el acto administrativo (Resolución) mediante el cual fue vinculado cada expediente a la estrategia de monitoreo regional y el estado de vigencia de las obligaciones asociadas:

Tabla 1. Expedientes vinculados a la estrategia de monitoreo regional

EXPEDIENTE	NOMBRE PROYECTO	TITULAR LICENCIA AMB.	ACTOS ADMINISTRATIVOS	ESTADO DE LA OBLIGACIÓN
LAM0019	Desarrollo del Campo de Petróleo Crudo Pesado Rubiales	Ecopetrol S.A.	Resolución 1076 del 17/06/2019, confirmada totalmente por la Resolución 1820 del 11/11/2019.	Vigente
LAM4795	Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa	Frontera Energy	Resolución 1077 del 17/06/2019	Vigente
LAM5995	Campo Mago	Ecopetrol S.A.	Resolución 1080 del 17/06/2019 confirmada totalmente por la Resolución 1760 del 04/11/2019.	Vigente
LAM5506	Explotación de Hidrocarburos Bloque CPE-6	Frontera Energy	Resolución 1079 del 17/06/2019	Vigente
LAM5281	Perforación Exploratoria Bloque CPO-13	Tecpetrol	Resolución 1078 del 17/06/2019	Vigente

Fuente: ANLA 2024

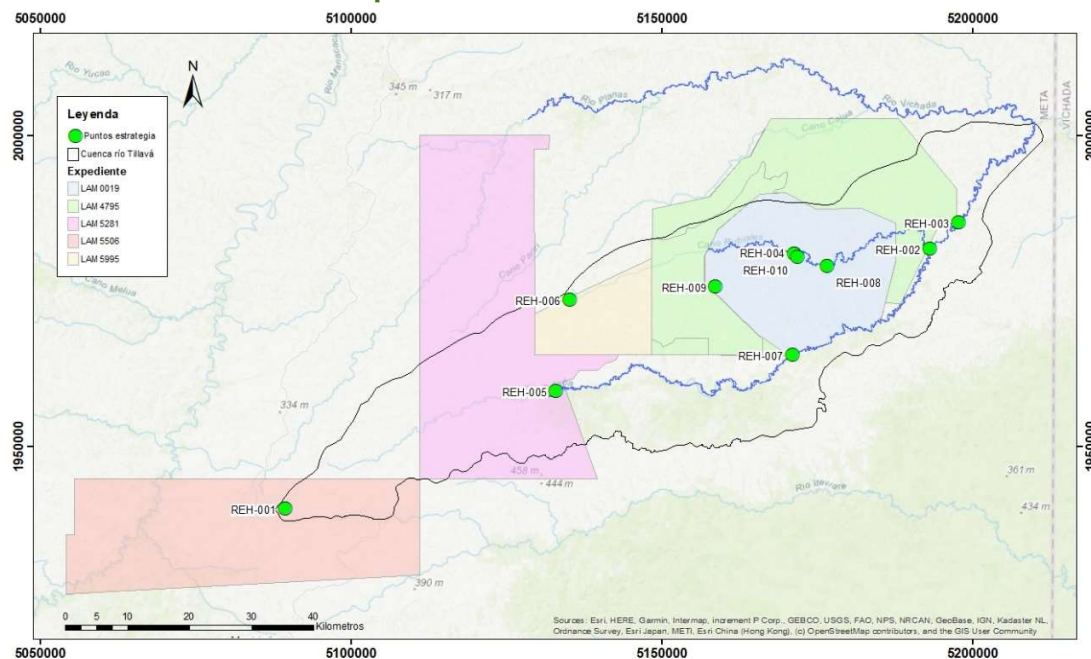
1.2 Localización de los puntos de monitoreo definidos en la estrategia

De acuerdo con la formulación de la Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá, el aprovechamiento del recurso autorizado por la ANLA en la cuenca se concentra sobre el cauce principal del río Tillavá, el caño Rubiales como principal tributario del río Tillavá, y el caño Masiferiana, tributario del caño Rubiales, razón por la que tanto la estrategia de monitoreo como el análisis se centra en estos 3 cuerpos de agua.

A continuación, se presenta la espacialización de los puntos de monitoreo asociados a la estrategia de monitoreo regional.



Figura 2. Localización de los puntos que conforman la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá



Fuente: ANLA, 2024.

Así mismo, a continuación, se relacionan los puntos seleccionados para la estrategia regional.

Tabla 2. Puntos que conforman la estrategia de monitoreo – condición de lugar

CÓDIGO ACTO AD.	FUENTE HÍDRICA	SCR MAGNA-SIRGAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		EXPEDIENTE
		ESTE	NORTE	
REH-001	Río Tillavá	5089432,00	1940059,00	LAM5506
REH-005	Río Tillavá	5133005,00	1958931,00	LAM5281
REH-007	Río Tillavá	5171059,00	1964828,00	LAM4795
REH-003	Río Tillavá	5197759,00	1986139,00	LAM4795
REH-006	Caño Rubiales	5135223,00	1973663,00	LAM5995
REH-004	Caño Rubiales	5171311,00	1981061,00	LAM0019
REH-008	Caño Rubiales	5176623,549	1979127,240	LAM0019
REH-002	Caño Rubiales	5193179,00	1981807,00	LAM0019
REH-009	Caño Masififeriana	5158707,00	1975783,00	LAM0019
REH-010	Caño Masififeriana	5171834,00	1980581,00	LAM0019

Fuente: ANLA 2024



1.3 Periodicidad del monitoreo

Dadas las características del régimen hidrológico en el departamento del Meta, se estableció una frecuencia de monitoreo semestral, los dos periodos en los cuales debe realizarse el monitoreo son **febrero** (época de estiaje) para la caracterización de las condiciones climáticas secas y de **junio** para la caracterización de las condiciones climáticas húmedas.

Tabla 3. Periodicidad de los monitoreos de la estrategia de monitoreo – condición de tiempo

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SEP	OCT	NOV	DIC

	Monitoreo en época seca
	Monitoreo en época de lluvia

Fuente: ANLA, 2024.

Adicionalmente, se ha establecido que la entrega de información se realizará como máximo tres (3) meses posteriores a la fecha de monitoreo.

1.4 Parámetros de monitoreo

En la formulación de la estrategia de monitoreo se definieron parámetros necesarios para monitorear, en los grupos que se indican a continuación:

Tabla 4. Parámetros de monitoreo para cuerpos receptores de vertimiento – condición de modo

Tipo de parámetro	Parámetro
Generales	Caudal, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, DBO5 (última, disuelta y particulada), DQO (disuelta y particulada), Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, turbiedad, grasas y aceites*.
Hidrocarburos	Hidrocarburos Totales
Compuestos de fósforo	Fósforo, ortofosfatos.
Compuestos de Nitrógeno	nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total.
Metales y metaloides	Bario, cadmio, plomo, hierro, mercurio.
Microbiológicos:	Coliformes Totales.
Hidrobiológicos:	plancton, bentos, macrófitas acuáticas*.
Iones:	Sulfatos, sulfuros y cloruros

*Nota: La DBO5 en su forma última, disuelta y particulada y la DQO en su forma disuelta y particulada, así como el grupo de hidrobiológicos, no fueron analizados en este informe.

Fuente: ANLA, 2024.



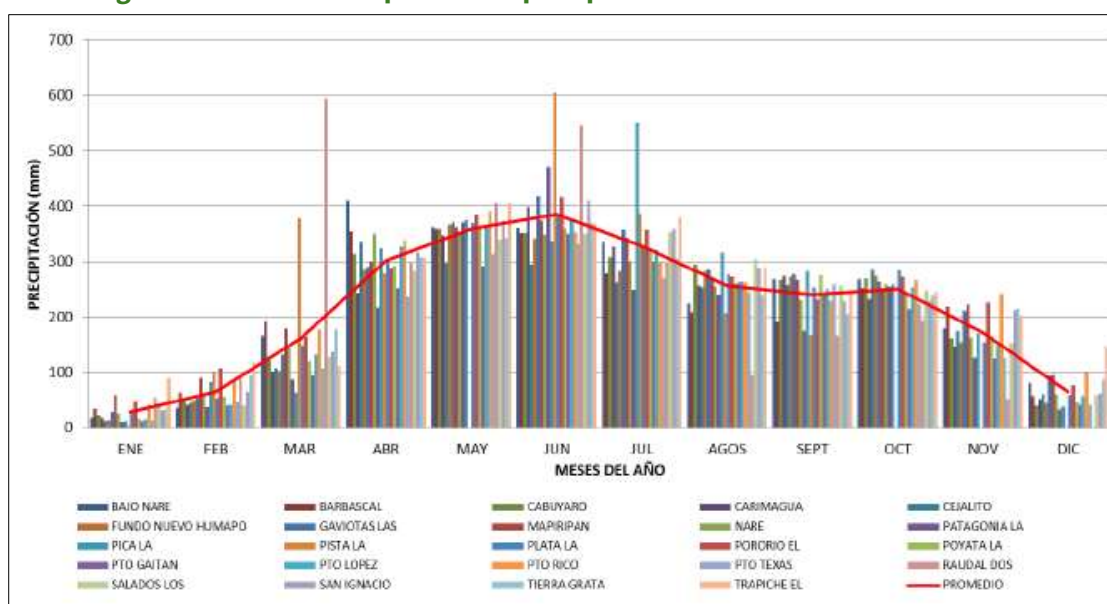
2 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE ANÁLISIS

La cuenca hidrográfica del río Tillavá se encuentra localizada al suroriente del departamento del Meta, sobre la Altiplanura colombiana, en la parte más alta de la cuenca del río Vichada (subzona hidrográfica del Alto Vichada).

Con relación al régimen hidrológico, el diagnóstico de formulación del Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica - POMCA del río Tillavá presenta la caracterización hidrológica y climatológica por medio de regionalización de datos de cuencas hidrográficas homogéneas dentro del Área Hidrográfica Orinoco en ausencia instrumentación de la Red Básica Nacional.

A partir de esta metodología, CORMACARENA en el año 2015 estableció un régimen de precipitaciones monomodal, presentando que el periodo de altas precipitaciones se presenta entre **mayo y julio** y el periodo de bajas precipitaciones entre **diciembre y febrero**, como se muestra a continuación:

Figura 3. Variación temporal de la precipitación media mensual del río Tillavá



Fuente: CORMACARENA, 2015.

De acuerdo con el documento de análisis regional *Reporte de Alertas Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM)* de la ANLA publicado en marzo de 2022 con fecha de corte documental septiembre de 2018, se establece en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico superficial que no se presenta conflicto asociado a la





variación en la disponibilidad, dado que en la cuenca se presentan excelentes condiciones de regulación hídrica que favorecen la oferta total y disponible, y se destaca los bajos consumos de agua superficial en la actividad hidrocarburífera.

3 ANÁLISIS REGIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO TILLAVÁ

Con respecto al cumplimiento de las obligaciones asociadas a la estrategia de monitoreo regional, a continuación, se resume la información disponible para el análisis, de acuerdo con los registrados y disponibles en la plataforma Sistema de Información de Licencias Ambientales - SILA de la ANLA.

Tabla 5. Información disponible para análisis de la estrategia de monitoreo regional de recurso hídrico superficial

No	ID_PUNTO_M	FUENTE HÍDRICA	EXPEDIENTE	2023-II	2023-I	2022-II	2022-I	2021-II	2021-I	2020-II	2020-I
1	REH-001	Río Tillavá	LAM5506	No	No	No	No	✓	No	No	No
2	REH-005	Río Tillavá	LAM5281	✓	✓	✓	✓	✓	✓	No	No
3	REH-007	Río Tillavá	LAM4795	✓	✓	✓	✓	No	✓	No	✓
4	REH-003	Río Tillavá	LAM4795	✓	✓	✓	✓	No	✓	No	No
5	REH-006	Caño Rubiales	LAM5995	✓	seco	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	REH-002	Caño Rubiales	LAM0019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	REH-004	Caño Rubiales	LAM0019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	REH-008	Caño Rubiales	LAM0019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	REH-009	Caño Masiferiana	LAM0019	seco	seco	✓	✓	✓	seco	✓	✓
10	REH-010	Caño Masiferiana	LAM0019	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: ANLA 2024

En términos generales la información no disponible y que debió ser reportada por los diferentes proyectos, corresponde a periodos en los que no fue posible realizar el monitoreo por situaciones atípicas como fue el COVID-19 en el 2020 y el paro nacional en 2021. El detalle se discute de manera independiente en cada uno de los seguimientos asociados a cada expediente y es objeto de consideraciones y requerimientos respectivos en algunos casos.

En la siguiente tabla se presentan los radicados que se tuvieron en cuenta en el análisis.

Tabla 6. Radicados Información utilizada para análisis de la estrategia de monitoreo regional de recurso hídrico superficial

EXPEDIENTE	RADICADO	FEC_TOMA
LAM0019	2020070077-1-000	5/02/2020
LAM0019	2020200711-1-000	14/08/2020



EXPEDIENTE	RADICADO	FEC_TOMA
LAM0019	2021212914-1-000	21/06/2021
LAM0019	20236200297422	25/02/2022
LAM0019	2021091464-1-000	1/02/2021
LAM0019	20246200730262	28/02/2023
LAM5995	2020070123-1-000	5/02/2020
LAM5995	2020208608-1-000	30/08/2020
LAM5995	2021102523-1-000	28/02/2021
LAM5995	2021196693-1-000	30/06/2021
LAM5995	20236200303392	15/02/2022
LAM5995	20246200625622	16/06/2023
LAM5506	2021240378-1-000	30/06/2021
LAM5281	2022034785-1-000	27/02/2021
LAM5281	2023039400-1-000	2/07/2022
LAM4795	2021033693-1-000	28/02/2020
LAM4795	2022151265-1-000	28/02/2021
LAM4795	2023003897-1-000	22/02/2022
LAM4795	20236200553202	23/02/2023
LAM5281	20236200551892	1/03/2023
LAM5281	20246200226472	26/07/2023

Fuente: ANLA 2024

3.1 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis

Mediante Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016, CORMACARENA estableció el Plan de Ordenamiento de las fuentes hídricas superficiales – PORH del río Tillavá, caño Rubiales y caño Masíferiana o Masíferiano, y sus objetivos de calidad, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 7. Límites establecidos en los objetivos de calidad por CORMACARENA

CRITERIO DE CALIDAD	Río Tillavá tramo 1	Río Tillavá tramo 2	Caño Rubiales tramo 1	Caño Rubiales tramo 2	Caño Masíferiana tramo 1	Caño Masíferiana tramo 2
DBO5 (mg/l)	5	15	5	20	5	20
DQO (mg/l)	7	20	7	20	7	20
pH (unidades de pH)	4,5-9,0	6,5-9,0	4,5-9,0	4,5-9,0	4,5-9,0	4,5-9,0
Oxígeno disuelto (mg/l)	4	4	4	4	4	4
Coliformes fecales (NMP/100ml)	---	5000	---	5000	---	5000
Conductividad (ms/cm)	200	750	200	750	200	750
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	0,0025	---	0,0025	5	0,0025	5
Grasas y aceites (mg/l)	ND	10	ND	ND	ND	ND
SST (mg/l)	25	---	25	---	25	---
Fenoles (mg/l)	0,002	0,002	0,002	---	0,002	---





CRITERIO DE CALIDAD	Río Tillavá tramo 1	Río Tillavá tramo 2	Caño Rubiales tramo 1	Caño Rubiales tramo 2	Caño Masififeriana tramo 1	Caño Masififeriana tramo 2
BMWP-col (-)	100	---	100	---	100	---
RAS (fracción)	---	10	---	10	---	10
Material flotante (-)	A	A	A	A	A	A
Materiales sedimentables (-)	A	---	A	---	A	---

Fuente: CORMACARENA, 2016 - Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016.

Los resultados obtenidos de los monitoreos se compararon, en primer lugar, con los objetivos de calidad establecidos mediante Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016, CORMACARENA, para el Río Tillavá, Caño Rubiales y caño Masififeriana, y en segundo lugar, se tuvieron en cuenta los criterios de uso establecidos en el Decreto 1076 de 2015. Adicionalmente, en algunos casos se mencionan criterios de calidad indicados en literatura técnica.

3.2 Resultados estadísticos y tendencia de parámetros de calidad de agua por cuerpo de agua

A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros definidos en la estrategia que presentan valores mayores al límite de detección, obteniendo su valor medio, mínimo, máximo y la desviación estándar, se compara con el objetivo de calidad y en **rojo** se resaltan los resultados en los cuales no se cumplió con el objetivo. Se realiza un análisis espacial y temporal de los resultados de parámetros en los cuales se presentó incumplimiento del criterio de calidad. Adicionalmente se realizan comparaciones con criterios de calidad definidos en la literatura técnica según se indica en cada caso.

3.2.1 Río Tillavá

El cauce principal de la cuenca del río Tillavá cuenta con cuatro (4) puntos de la red de monitoreo del recurso hídrico superficial, uno en su parte más alta, dos puntos antes de la confluencia con el caño Rubiales y uno posterior a la confluencia del caño Rubiales.

Con relación al punto REH-001, se cuenta con información limitada. El cumplimiento específico de las obligaciones de monitoreo deberá ser objeto de revisión y análisis particular en el marco del seguimiento del expediente LAM5506. Por su parte el expediente LAM4795 no reporta monitoreos en los puntos REH-003 y REH-007 en el año 2020 ni en junio de 2023. De acuerdo con lo informado por la empresa y expresado el Concepto Técnico de Seguimiento No. 5406 del 7 de septiembre de 2022, el monitoreo no fue realizado por temas asociados a la pandemia del Covid-19 en el año 2020 y por situaciones atípicas asociadas al paro nacional de 2021.





Adicionalmente, con excepción del punto más aguas arriba (REH-001), los puntos de monitoreo de la red localizados sobre el río Tillavá, pertenecen al tramo No. 2 reglamentado por el PORH. A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros que cuentan con objetivos de calidad definidos por la Autoridad Ambiental Regional CORMACARENA, obteniendo su valor medio, la desviación estándar, la mínima y máxima, se compara con el objetivo de calidad y en rojo se señalan los resultados en los cuales no se cumplió con el objetivo.




Tabla 8. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del río Tillavá

Parámetro	No Datos	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Objetivo de calidad
Bario en mg/L	7	0,108	0,076	0,050	0,257	
Cadmio en mg/L	4	0,005	0,003	0,003	0,009	
Cloruros en mg/L	2	6,200	2,546	4,400	8,000	
Coliformes Totales en NMP/100ml	19	4646,026	17215,236	1,000	75560,000	
Conductividad en $\mu\text{S/cm}$	20	117,818	148,608	4,900	470,000	750,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	7	13,676	11,918	6,000	35,100	15,000
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	10	35,419	13,153	20,400	70,100	20,000
Fósforo Total en mg/L	13	0,084	0,077	0,020	0,220	
Grasas y Aceites en mg/L*	0	-	-	-	-	10,000
Hidrocarburos Totales en mg/L*	0	-	-	-	-	
Hierro en mg/L	20	2,885	5,585	0,050	26,194	
Mercurio en mg/L*	0	-	-	-	-	
Nitratos en mg/L	1	0,112	-	0,112	0,112	
Nitritos en mg/L	1	0,020	-	0,020	0,020	
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0	-	-	-	-	ND
Nitrógeno Total en mg/L	3	1,133	0,777	0,500	2,000	
Ortofosfatos en mg/L	7	0,077	0,054	0,050	0,200	
Oxígeno Disuelto en mg/L	20	5,730	1,383	3,390	7,800	>4
Plomo en mg/L	0	-	-	-	-	
Sulfatos en mg/L	4	11,588	1,175	11,000	13,350	
Sólidos sedimentables en mg/L	3	1,067	0,709	0,300	1,700	
Sólidos suspendidos totales en mg/L	19	25,121	14,587	10,000	59,000	25,000
Temperatura en °C	20	28,007	1,512	24,600	30,600	
Turbidez en NTU	19	25,446	31,667	0,600	117,000	
Valor de pH	20	6,772	0,748	5,640	8,740	6,5 - 9,0

*Todos los registros de estos parámetros estuvieron debajo del límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio, el cual es inferior al límite normativo, por ende, hubo cumplimiento de los mismos.

Fuente: ANLA, 2024.

De la tabla anterior se resalta que la DQO presentó incumplimiento del objetivo de calidad en todo el rango de valores (máximos, promedios y mínimo); por su parte la DBO presentó incumplimiento del objetivo en sus valores máximo únicamente. Adicionalmente se observó incumplimiento del objetivo para oxígeno disuelto en sus valores mínimos, el pH también en



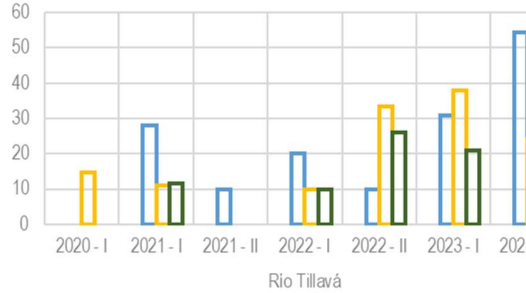
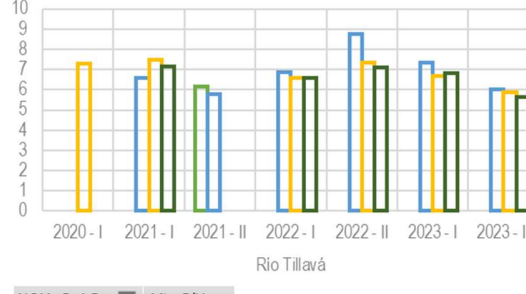


sus valores mínimos, y los sólidos suspendidos totales presentaron incumplimiento del objetivo en el rango entre promedios y máximos; lo anterior se analiza en detalle a continuación.

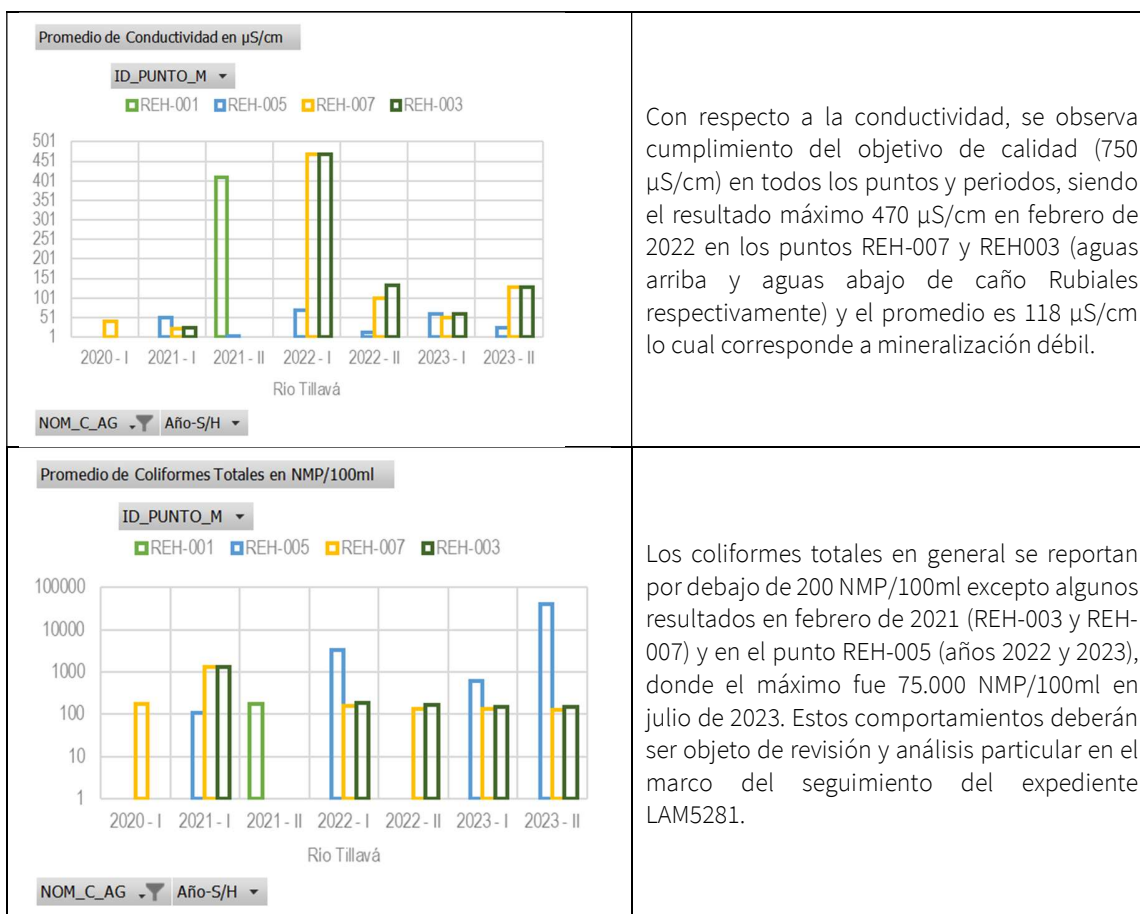
Figura 4 Análisis parámetros de calidad del agua del río Tillavá





Promedio de Oxígeno Disuelto en mg/L ID_PUNTO_M ▾ REH-001 REH-005 REH-007 REH-003  Rio Tillavá NOM_C_AG ▾ Año-S/H ▾	Se han presentado resultados por debajo del objetivo de calidad (4 mg/l) en el punto REH-005 en febrero de 2022. En los demás puntos y periodos los resultados cumplen con el objetivo establecido. En el punto REH-003 localizada agua abajo del caño Rubiales se observa tendencia al aumento en la concentración de oxígenos disuelto, mientras que en los demás puntos no se observa tendencia temporal.
Promedio de Sólidos suspendidos totales en mg/L ID_PUNTO_M ▾ REH-001 REH-005 REH-007 REH-003  Rio Tillavá NOM_C_AG ▾ Año-S/H ▾	Se observa incumplimiento del objetivo establecido para SST (25 mg/l) siendo el máximo 54,5 mg/l en julio de 2023 en el punto REH-005, donde también se presenta incumplimiento en febrero de 2021 y julio de 2023. Adicionalmente se observa incumplimiento en los puntos REH-007 (antes de caño Rubiales) durante junio de 2022 y febrero de 2023, y en el punto REH-003 (después de caño Rubiales) en junio de 2022 y en junio de 2023. Se observa tendencia temporal creciente.
Promedio de Valor de pH ID_PUNTO_M ▾ REH-001 REH-005 REH-007 REH-003  Rio Tillavá NOM_C_AG ▾ Año-S/H ▾	Se observa incumplimiento en el límite inferior del objetivo establecido para pH (6,5 unidades), en febrero de 2021 y en junio-julio de 2023 en todos los puntos. En los demás periodos se cumple el objetivo. El valor máximo corresponde a 8,74 unidades de pH registrado en junio de 2022 en el punto REH-005. A partir de junio de 2022 se observa tendencia espacial y temporal decreciente (tendencia ácida).





Fuente: ANLA, 2024.

Adicional a lo anterior, la turbidez (promedio 25 NTU y máximo 117 NTU), cumple el criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015.

En cuanto a hidrocarburos y grasas y aceites, todos los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados ($<1, 1,4, 2, 4$ y $10 \text{ mg}/\text{l}$), con lo cual se verifica el cumplimiento del objetivo de calidad establecido ($10 \text{ mg}/\text{l}$). El promedio de fósforo es $0,08 \text{ mg}/\text{l}$ y similar los ortofosfatos, lo cual de acuerdo con Roldan y Ramírez (2008) y Ramírez y Viña (1998), corresponde a condición de eutrofia. Los compuestos de nitrógeno (nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total) en su mayoría presentan resultados por debajo de los límites de cuantificación utilizados.

En cuanto a metales, el barío registra resultados por encima del límite de cuantificación únicamente en el punto REH-005, sin embargo, todos por debajo del criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015 ($1 \text{ mg}/\text{l}$), en los demás puntos el límite de cuantificación ($<1, 3,3, 0,1, 0,05 \text{ mg}/\text{l}$) permite verificar el cumplimiento del criterio de calidad; para el cadmio solo se reportan resultados superiores al límite de cuantificación en el punto REH-005, en los demás puntos los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados ($<0,1$ y $0,003 \text{ mg}/\text{l}$), lo cual permite verificar el cumplimiento de





los criterios de calidad para uso establecidos en el decreto 1076 de 2015 (0,01 mg/l para uso doméstico y agrícola y 0,05 mg/l para uso pecuario); para el hierro, en todos los puntos y periodos (época de estiaje y seca) los resultados reportados estuvieron por debajo del límite normativo para el uso agrícola según decreto 1076 de 2015 (5mg/l).

Para el mercurio, todos los resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación utilizado (<0,001 y 0,0005 mg/l) lo cual permite verificar el criterio establecido en el Decreto 1076 de 2015 en cuanto a calidad para uso doméstico (<0,002 mg/l) y pecuario (<0,01 mg/l), y permite verificar la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática (>0,0014 mg/l); por su parte todos los resultados de plomo fueron inferiores al límite de cuantificación utilizado (<0,1, 0,05 y 0,01 mg/l), sin embargo, algunos de estos límites no permiten verificar lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso doméstico (<0,05 mg/l), ni la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática (>0,065 mg/l).

Con respecto a iones, se reportan sulfatos por encima del límite de cuantificación en el punto REH-005, siendo el valor máximo 13,35 mg/l en febrero de 2022, en los demás puntos los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<5 y 11 mg/l), lo cual permite verificar el cumplimiento del criterio para consumo humano del decreto 1076 de 2015 y según Tarradellas (2006), concentraciones de sulfatos inferiores a 50 mg/l, no generan alerta ambiental; por su parte los cloruros en su mayoría estuvieron por debajo del límite de cuantificación (<8, 6, 4, 1,8 mg/l); los resultados por encima del límite de cuantificación (máximo 8 mg/l) presentan cumplimiento al criterio para uso doméstico del decreto 1076 de 2015 (250 mg/l).

De acuerdo con lo anterior, es pertinente indicar que, en la mayoría de los parámetros analizados hay cumplimiento normativo a excepción de la DBO, DQO, Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y valor de pH, que sobrepasaron objetivos de calidad definidos por la Corporación. Si bien las concentraciones analizadas son reportadas por puntos de monitoreo de los proyectos licenciados por ANLA localizados en la zona (ver numeral 1.1 del presente informe), los resultados de dichas concentraciones no pueden asociarse únicamente con actividades propias de los expedientes, toda vez que en la zona confluyen diferentes actividades que pueden influenciar en el comportamiento de los parámetros evaluados en la calidad del agua de las corrientes analizadas, en este caso, el río Tillavá.

De lo anterior, es preciso señalar que, como medida esta Autoridad Nacional ha impuesto obligaciones de monitoreo de parámetros in situ y fisicoquímicos fuentes hídricas objeto de interés, como es el caso de las estaciones automáticas de monitoreo asociadas al expediente LAM0019 – Explotación de hidrocarburos en el Campo Rubiales de Ecopetrol S.A., impuesta por ANLA mediante la Resolución 1717 de 2019. Así mismo, en el ejercicio de seguimiento y control a los expedientes asociados a la presente estrategia de monitoreo, se han impuesto obligaciones para disminuir las cargas contaminantes que puedan impactar las corrientes





receptoras de vertimientos, como es el caso del expediente LAM4795 - Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa, que mediante Acta 584 del 2022 la ANLA impuso mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales con el fin de mejorar la eficiencia de los tratamientos.

3.2.2 Caño Rubiales

Sobre esta fuente hídrica se establecieron cuatro (4) puntos de la red de monitoreo, con una cobertura total de su cauce iniciando en la parte alta de la subcuenca, previa a la confluencia del caño Masiferiana con el caño Rubiales, aguas abajo de la zona de mezcla del permiso de vertimientos a cuerpo de agua superficial autorizado por la ANLA para cinco puntos en el cauce caño Rubiales para el proyecto Campo Rubiales (LAM0019), y previo a la confluencia del caño Rubiales con el río Tillavá. Estos monitoreos son ejecutados por dos (2) proyectos de los cinco (5) vinculados a la estrategia de monitoreo dada su complejidad: Campo Rubiales – expediente LAM0019 y Campo Mago – expediente LAM5995. Con excepción del punto REH-006, los puntos de monitoreo de la red localizados sobre el caño Rubiales pertenecen al tramo No. 2 reglamentado por el PORH.

A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros que cuentan con objetivos de calidad definidos por la Autoridad Ambiental Regional CORMACARENA obteniendo su valor medio, la desviación estándar, la mínima y máxima, se compara con el objetivo de calidad y en rojo se señalan los resultados en los cuales no se cumplió con el objetivo:

Tabla 9. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del caño Rubiales

Parámetro	No Datos	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Objetivo de calidad
Bario en mg/L	3	0,399	0,506	0,096	0,983	
Cadmio en mg/L	0	-	-	-	-	
Cloruros en mg/L	6	15,200	15,857	2,100	44,000	
Coliformes Totales en NMP/100ml	29	1965,590	2908,336	1,800	13960,000	
Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$	31	33,803	72,902	3,000	406,000	750,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L*	0	-	-	-	-	20,000
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	4	21,500	15,716	12,000	45,000	20,000
Fósforo Total en mg/L	8	0,071	0,029	0,050	0,120	
Grasas y Aceites en mg/L	15	1,069	1,021	0,232	4,520	ND
Hidrocarburos Totales en mg/L	9	0,675	0,706	0,232	2,510	
Hierro en mg/L	29	1,606	1,347	0,136	4,300	





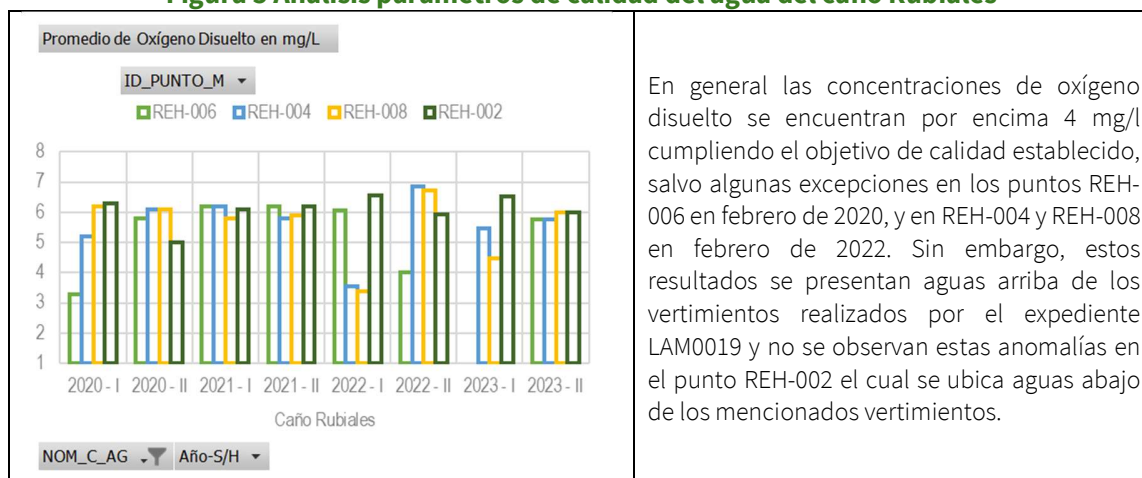
Parámetro	No Datos	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Objetivo de calidad
Mercurio en mg/L	1	0,003		0,003	0,003	
Nitratos en mg/L	3	0,076	0,008	0,068	0,084	
Nitritos en mg/L	7	0,110	0,162	0,010	0,450	
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	1	0,540	-	0,540	0,540	5,000
Nitrógeno Total en mg/L	7	1,000	0,374	0,500	1,500	
Ortofosfatos en mg/L	6	0,050	0,000	0,050	0,050	
Oxígeno Disuelto en mg/L	31	5,660	0,952	3,300	6,850	>4
Plomo en mg/L	1	0,004	-	0,004	0,004	
Sulfatos en mg/L	3	5,867	4,875	1,300	11,000	
Sólidos sedimentables en mg/L	2	0,350	0,071	0,300	0,400	
Sólidos suspendidos totales en mg/L	10	27,270	9,075	15,300	40,000	25,000
Temperatura en °C	31	27,404	1,814	22,830	31,090	
Turbidez en NTU	21	20,469	10,042	1,720	45,000	
Valor de pH	31	6,691	0,594	5,250	7,730	4,5 - 9,0

*Todos los registros de estos parámetros estuvieron debajo del límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio, el cual es inferior al límite normativo, por ende, hubo cumplimiento de los mismos.

Fuente: ANLA, 2024.

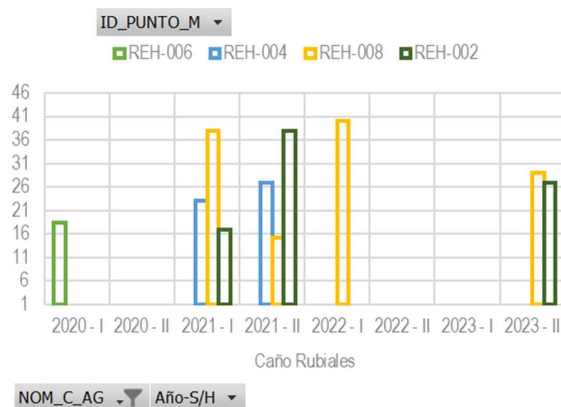
De la tabla anterior se resalta que la DQO presentó incumplimiento del objetivo de calidad en sus valores máximos; adicionalmente se observó incumplimiento del objetivo para oxígeno disuelto en sus valores mínimos, y los sólidos suspendidos totales presentaron incumplimiento del objetivo en el rango entre promedios y máximos; lo anterior se analiza en detalle a continuación.

Figura 5 Análisis parámetros de calidad del agua del caño Rubiales



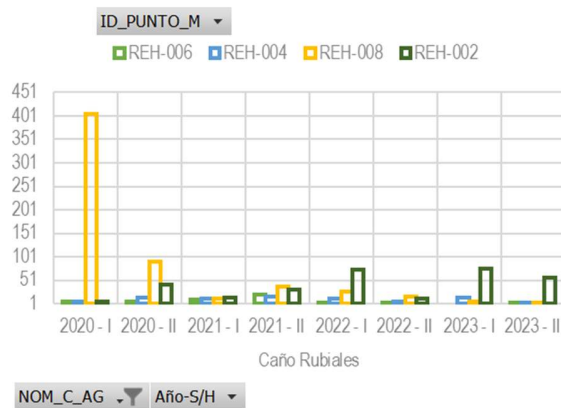


Promedio de Sólidos suspendidos totales en mg/L

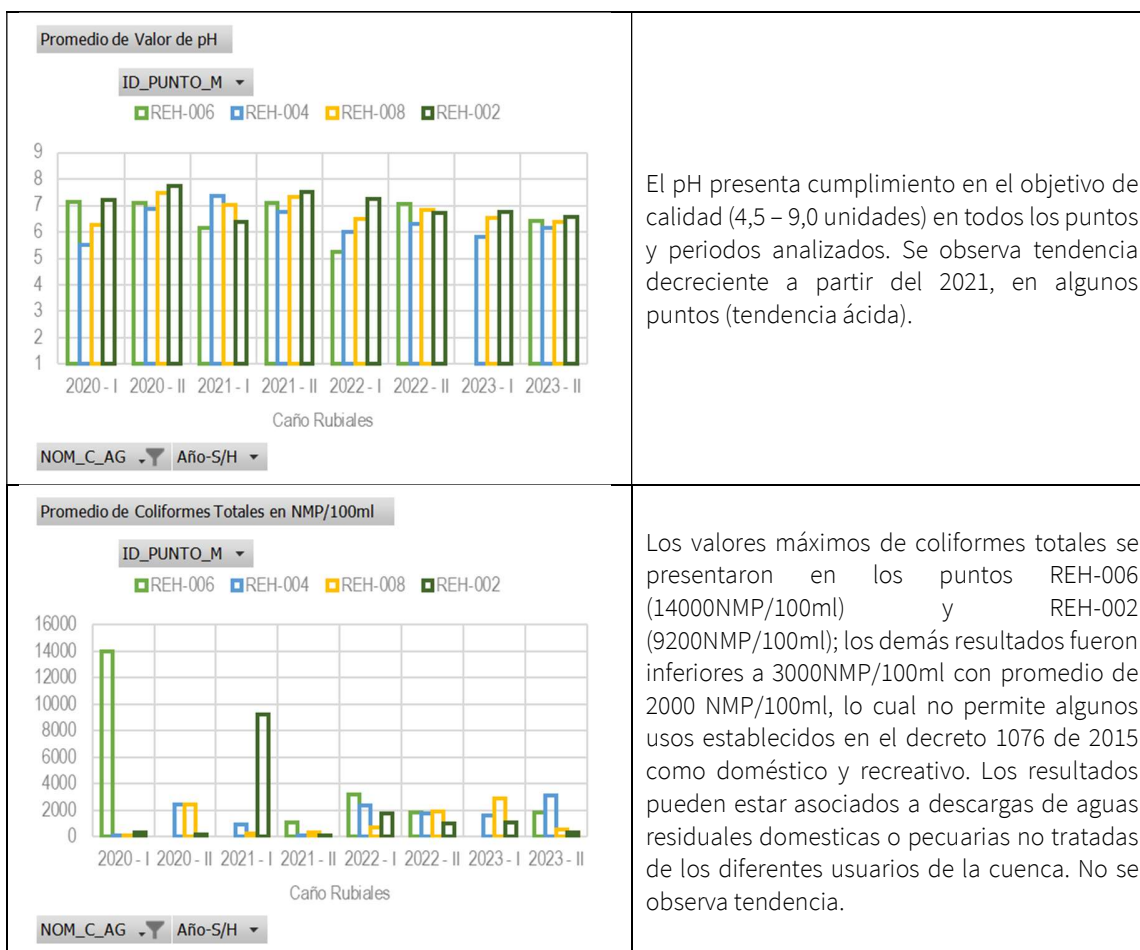


Se observa incumplimiento del objetivo de calidad establecido (25 mg/l) en los puntos REH-008 (febrero de 2021 y 2022) y REH-002 (junio de 2021), siendo el valor máximo 40 mg/l; en los demás periodos y puntos, los resultados fueron inferiores al objetivo de calidad y/o al límite de cuantificación utilizado (<25 y 5 mg/l). No se observa tendencia en este parámetro. De lo anterior, se precisa que mediante Resolución 1717 de 2019, la ANLA impuso la obligación de monitoreo de parámetros in situ y fisicoquímicos mediante estaciones automáticas de monitoreo para la detección de variaciones en la calidad del agua. Este sistema permitirá implementar acciones de mejora en caso de ser necesario, en el marco del proceso de seguimiento y control que la Autoridad Nacional lleva a cabo sobre cada expediente. Asimismo, y con base en lo estipulado por CORMACARENA (2015), en la zona confluyen diferentes actividades que pueden influenciar en el comportamiento de los parámetros evaluados en la calidad del agua de las corrientes analizadas.

Promedio de Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$



Con respecto a la conductividad, se observa cumplimiento del objetivo de calidad (750 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en todos los puntos y periodos, siendo el resultado máximo 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en febrero de 2020 en el punto REH-008; el promedio es 33,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual corresponde a mineralización muy débil. Con excepción de los monitoreos de 2020, el punto de mayor conductividad en cada periodo ha sido el REH-002 el cual se ubica aguas abajo de la zona de mezcla de los vertimientos que realiza el expediente LAM0019 sobre el caño Rubiales, por lo que se puede estar presentando acumulación en cuanto a este parámetro.



Fuente: ANLA, 2024.

Adicional a lo anterior, la turbidez (promedio 20,5 NTU y máximo 45 NTU), cumple el criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015 (190 NTU). La DBO tuvo resultados por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<10 y 2 mg/l) en todos los casos, lo cual permite verificar el cumplimiento al objetivo de calidad (<20 mg/l); mientras que la DQO presentó incumplimiento del objetivo de calidad en el monitoreo de junio de 2023 en el punto REH-006 (45 mg/l), los demás resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación utilizado (<10 y 2 mg/l) o fueron inferiores al objetivo de calidad (<20 mg/l).

En cuanto a hidrocarburos y grasas y aceites todos los resultados estuvieron por debajo de 2,5 mg/l y 4,5 mg/l respectivamente o por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<0,2 y 0,4 mg/l), sin embargo, se observa presencia de estos elementos, lo cual puede estar asociado a contingencias o aguas de escorrentía que entran en contacto con hidrocarburos. El promedio de fosforo es 0,07 mg/l y 0,05 para los ortofosfatos, lo cual de acuerdo con Roldan y Ramírez (2008) y Ramírez y Viña (1998), corresponde a condición de eutrofia. Los compuestos de nitrógeno (nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total) en su mayoría presentan resultados por debajo de los límites de cuantificación utilizados; los





valores por encima del límite de cuantificación de nitrógeno amoniacal (promedio 1 mg/l y máximo 1,5 mg/l) y nitritos (promedio 0,11 y máximo 0,45 mg/l) no indican condiciones de eutrofia de acuerdo con Vollenweider (1968) y Roldan y Ramírez (2008).

En cuanto a metales, la mayoría de resultados de bario están por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<0,5, 0,9 y 0,009 mg/l) y/o del criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015 (1mg/l); para el cadmio todos los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<0,001 y 0,003 mg/l), lo cual permite verificar el cumplimiento de los criterios de calidad para uso establecidos en el decreto 1076 de 2015 (0,01 mg/l para uso doméstico y agrícola y 0,05 mg/l para uso pecuario); para el hierro, en todos los puntos y periodos (época de estiaje y seca) los resultados reportados estuvieron por debajo del límite normativo establecido para el uso agrícola según decreto 1076 de 2015 (5 mg/l) o por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado por el laboratorio (<0,3 mg/l).

Para el mercurio, todos los resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación utilizado (<0,001, 0,0004 y 0,0005 mg/l) lo cual permite verificar el criterio establecido en el Decreto 1076 de 2015 en cuanto a calidad para uso doméstico (<0,002 mg/l) y pecuario (<0,01 mg/l), y permite verificar la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática (>0,0014 mg/l); por su parte todos los resultados de plomo fueron inferiores al límite de cuantificación utilizado (<0,01 y 0,003 mg/l), lo cual permite verificar lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso doméstico (<0,05 mg/l), y la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática (>0.065 mg/l).

Con respecto a iones, la mayoría de los resultados de sulfatos están por debajo del límite de cuantificación utilizados (<1 y 11 mg/l), lo cual permite verificar el cumplimiento del criterio para consumo humano del decreto 1076 de 2015 (400 mg/l) y según Tarradellas (2006), concentraciones de sulfatos inferiores a 50 mg/l, no generan alerta ambiental. De manera similar, la mayoría de los resultados de cloruros estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<1 y 5 mg/l), el máximo (40 mg/l) se presentó en el punto REH-008 en febrero de 2020, sin embargo, cumple con el criterio para uso doméstico del decreto 1076 de 2015 (250 mg/l).

Es pertinente indicar que, sobre el caño Rubiales se encuentran estaciones automáticas de monitoreo que miden parámetros in situ y fisicoquímicos de los puntos asociados con el expediente LAM0019 – Explotación de hidrocarburos en el Campo Rubiales de Ecopetrol S.A., dicha obligación fue impuesta por ANLA bajo la Resolución 1717 de 2019. En el siguiente enlace se puede hacer la consulta de la información de las estaciones automáticas reportada mediante los tableros de control:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiazdlInZlkYjEtNWwNkYi00NWYwLThtMGtNWl0ZDc3Zjg4MWEyIiwidCI6IjZmMWNjYjk0LWFKYTUtNDM3Zi04NzZkLTQ5NzkyMGJmUxOCIsImMiOiR9>





3.2.3 Caño Masififeriana

El caño Masififeriana (o Masififeriano) es tributario al caño Rubiales y se encuentra en inmediaciones de la actividad hidrocarburífera, específicamente, al expediente LAM0019 – Desarrollo del Campo de Petróleo Crudo Pesado Rubiales. Sobre esta fuente hídrica se formularon dos (2) puntos de monitoreo localizados en la parte alta del cauce y previo a la confluencia con el caño Rubiales. Ambos puntos de monitoreo son ejecutados por el expediente LAM0019.

A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros que cuentan con objetivos de calidad definidos por la Autoridad Ambiental Regional CORMACARENA obteniendo su valor medio, la desviación estándar, la mínima y máxima, se compara con el objetivo de calidad y en rojo se señalan los resultados en los cuales no se cumplió con el objetivo.

Tabla 10. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del caño Masififeriana

Parámetro	No Datos	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Objetivo de calidad
Bario en mg/L	1	0,153	-	0,153	0,153	
Cadmio en mg/L*	0	-	-	-	-	
Cloruros en mg/L	1	1,000	-	1,000	1,000	
Coliformes Totales en NMP/100ml	13	13738,531	42682,382	1,800	155310,000	
Conductividad en μ S/cm	13	12,977	11,209	2,200	39,000	750,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L*	0	-	-	-	-	20,000
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	1	13,000	-	13,000	13,000	20,000
Fósforo Total en mg/L	3	0,060	0,017	0,050	0,080	
Grasas y Aceites en mg/L	7	0,774	0,214	0,460	1,020	ND
Hidrocarburos Totales en mg/L	4	0,370	0,111	0,245	0,465	
Hierro en mg/L	11	5,084	6,736	0,403	19,470	
Mercurio en mg/L*	0	-	-	-	-	
Nitratos en mg/L	2	0,111	0,060	0,068	0,153	
Nitritos en mg/L	1	0,010	-	0,010	0,010	
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	0	-	-	-	-	5,000
Nitrógeno Total en mg/L	6	0,711	0,100	0,600	0,800	
Ortofosfatos en mg/L	3	0,050	0,000	0,050	0,050	
Oxígeno Disuelto en mg/L	13	4,725	1,785	2,200	7,650	>4
Plomo en mg/L	2	0,033	0,019	0,020	0,047	





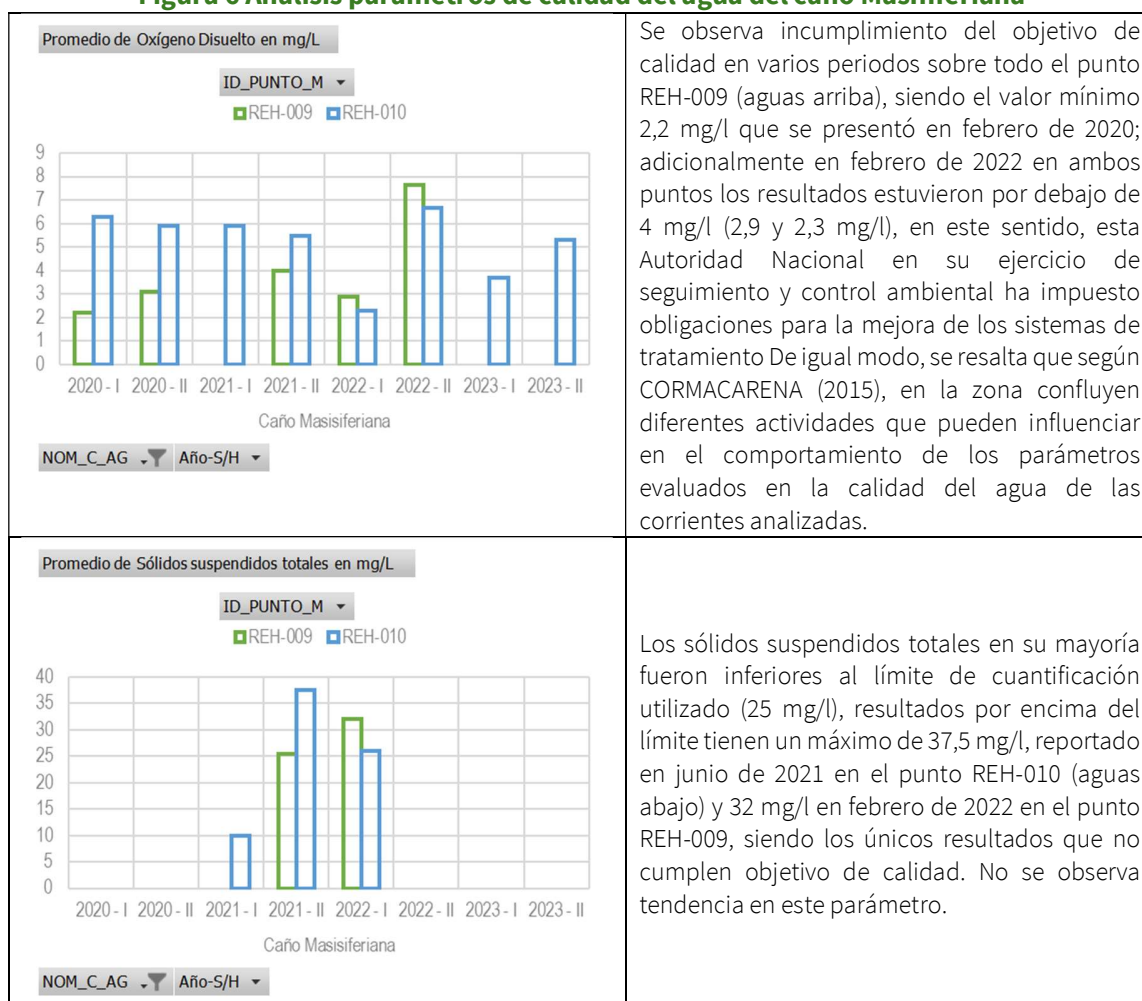
Parámetro	No Datos	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Objetivo de calidad
Sulfatos en mg/L	2	9,900	7,212	4,800	15,000	
Sólidos sedimentables en mg/L	2	0,150	0,071	0,100	0,200	
Sólidos suspendidos totales en mg/L	6	26,667	9,283	10,000	37,500	25,000
Temperatura en °C	14	26,894	2,504	22,600	32,600	
Turbidez en NTU	9	29,989	14,793	9,000	55,200	
Valor de pH	14	6,609	0,699	5,590	8,210	4,5 - 9,0

*Todos los registros de estos parámetros estuvieron debajo del límite de la técnica analítica empleada por el laboratorio, el cual es inferior al límite normativo, por ende, hubo cumplimiento de los mismos.

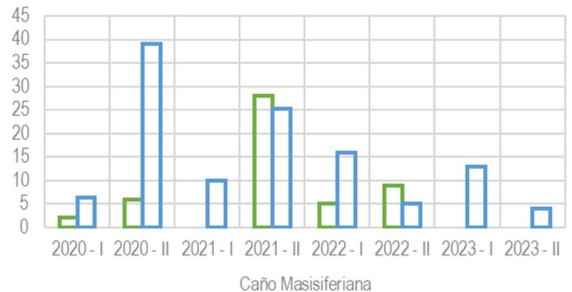
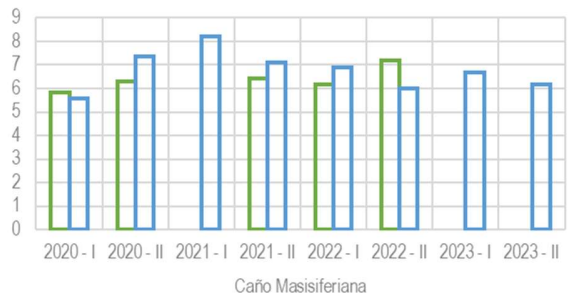
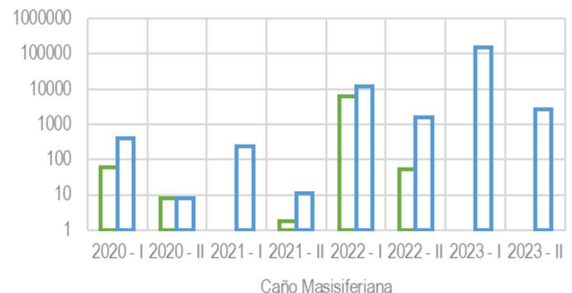
Fuente: ANLA, 2024.

De la tabla anterior se resalta incumplimiento del objetivo para oxígeno disuelto en sus valores mínimos, y de los sólidos suspendidos totales en el rango entre promedios y máximos; lo anterior se analiza en detalle a continuación.

Figura 6 Análisis parámetros de calidad del agua del caño Masififeriana





Promedio de Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ID_PUNTO_M ▼ ■ REH-009 ■ REH-010  Caño Masisferiana NOM_C_AG ▼ Año-S/H ▼	Se han mantenido conductividades por debajo de 40 mg/l en todos los periodos monitoreados, lo cual corresponde a mineralización muy débil. Se cumple el objetivo de calidad (750 us/cm) en todos los puntos y periodos analizados. Se observa tendencia temporal decreciente en el punto REH-010.
Promedio de Valor de pH ID_PUNTO_M ▼ ■ REH-009 ■ REH-010  Caño Masisferiana NOM_C_AG ▼ Año-S/H ▼	El pH presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (4,5 – 9,0 unidades) en todos los puntos y periodos analizados. Se observa tendencia decreciente a partir del 2021, en el punto REH-010 (tendencia ácida).
Promedio de Coliformes Totales en NMP/100ml ID_PUNTO_M ▼ ■ REH-009 ■ REH-010  Caño Masisferiana NOM_C_AG ▼ Año-S/H ▼	Los resultados más altos de coliformes totales se presentaron en febrero de 2023, con valores de 155000 NMP/100ml en el punto REH-010; en febrero de 2022 se presentaron resultados de 6000 y 12000 NMP/100ml. En los demás periodos fueron inferiores a 1600 NMP/100ml. Lo anterior no permite algunos usos establecidos en el Decreto 1076 de 2015 como doméstico y recreativo. Los resultados pueden estar asociados a descargas de aguas residuales domesticas o pecuarias no tratadas de los diferentes usuarios de la cuenca. Se observa tendencia creciente en el punto REH-010.

Fuente: ANLA, 2024.

Adicional a lo anterior, la turbidez (promedio 31 NTU y máximo 55 NTU), cumple el criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015(190 NTU). La DBO tuvo resultados por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<10 y 2 mg/l) en todos los casos, lo cual permite verificar el cumplimiento al objetivo de calidad (<20 mg/l); de manera





similar la mayoría de los resultados de DQO estuvieron por debajo del límite de cuantificación utilizado (<10 mg/l) o fueron inferiores al objetivo de calidad (<20 mg/l).

En cuanto a hidrocarburos y grasas y aceites todos los resultados estuvieron por debajo de 0,46 mg/l y 1 mg/l respectivamente o por debajo de los límites de cuantificación utilizados ($<0,2$ y $0,4$ mg/l), sin embargo, se observa presencia de estos elementos, lo cual puede estar asociado a contingencias o aguas de escorrentía que entran en contacto con hidrocarburos.

El promedio de fósforo es 0,06 mg/l y 0,05 mg/l para los ortofosfatos, lo cual de acuerdo con Roldan y Ramírez (2008) y Ramírez y Viña (1998), corresponde a condición de eutrofia. Los compuestos de nitrógeno (nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total) en su mayoría presentan resultados por debajo de los límites de cuantificación utilizados; los resultados por encima del límite de cuantificación de nitratos (promedio 0,11 mg/l y máximo 0,15 mg/l) no indican condiciones de eutrofia de acuerdo con Vollenweider (1968).

En cuanto a metales, la mayoría de resultados de bario están por debajo de los límites de cuantificación utilizados ($<0,5$, $0,9$ y $0,009$ mg/l) y/o del criterio para consumo humano establecido en el Decreto 1076 de 2015 (1 mg/l); para el cadmio todos los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados ($<0,001$ y $0,003$ mg/l), lo cual permite verificar el cumplimiento de los criterios de calidad para uso establecidos en el Decreto 1076 de 2015 ($0,01$ mg/l para uso doméstico y agrícola y $0,05$ mg/l para uso pecuario); para el hierro, la mayoría de resultados reportados estuvieron por debajo criterio para uso agrícola según decreto 1076 de 2015 (5 mg/l) o por debajo del límite de cuantificación ($<0,3$ mg/l), sin embargo se destacan el resultado de febrero de 2022 ($19,47$ mg/l) en el punto REH-009 y de febrero de 2023 ($15,77$ mg/l) en el punto REH-010.

Para el mercurio, todos los resultados estuvieron por debajo del límite de cuantificación utilizado ($<0,001$ y $0,0004$ mg/l) lo cual permite verificar el criterio establecido en el Decreto 1076 de 2015 en cuanto a calidad para uso doméstico ($<0,002$ mg/l) y pecuario ($<0,01$ mg/l), y permite verificar la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática ($>0,0014$ mg/l); por su parte la mayoría de los resultados de plomo fueron inferiores al límite de cuantificación utilizado ($<0,01$ y $0,003$ mg/l) o menores a $0,04$ mg/l, lo cual permite verificar lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso doméstico ($<0,05$ mg/l), y la recomendación de la EPA (2016) en cuanto a concentraciones que pueden causar daño a fauna acuática ($>0,065$ mg/l).

Con respecto a iones, la mayoría de los resultados de sulfatos están por debajo del límite de cuantificación utilizados (<10 mg/l) o inferiores a 15 mg/l, lo cual permite verificar el cumplimiento del criterio para consumo humano del decreto 1076 de 2015 (400 mg/l) y según Tarradellas (2006), concentraciones de sulfatos inferiores a 50 mg/l, no generan alerta ambiental. De manera similar los resultados de cloruros estuvieron por debajo de los límites





de cuantificación utilizados (<5 mg/l), y permite verificar el cumplimiento del criterio para uso doméstico del decreto 1076 de 2015 (250 mg/l).

De acuerdo con lo anterior, es pertinente indicar que, en la mayoría de los parámetros analizados hay cumplimiento normativo a excepción del Oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, que sobrepasaron objetivos de calidad definidos por la Corporación. Ahora bien, se informa que las concentraciones analizadas son reportadas por puntos de monitoreo de los proyectos licenciados por ANLA localizados en la zona, específicamente el expediente LAM0019 - Desarrollo del Campo de Petróleo Crudo Pesado Rubiales (ver numeral 1.1 del presente informe), el cual cuenta con estaciones de monitoreo automáticas de parámetros in situ y fisicoquímicos, impuestas por ANLA mediante la Resolución 1717 de 2019, con la finalidad de obtener información constante sobre el estado del recurso y con base en esto tomar acciones tempranas para el manejo y conservación de la fuente hídrica. De igual modo, se precisa que en la zona confluyen diferentes actividades que pueden influenciar en el comportamiento de los parámetros evaluados en la calidad del agua de las corrientes analizadas, en este caso, el CAÑO Masisiferiana.

3.3 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio

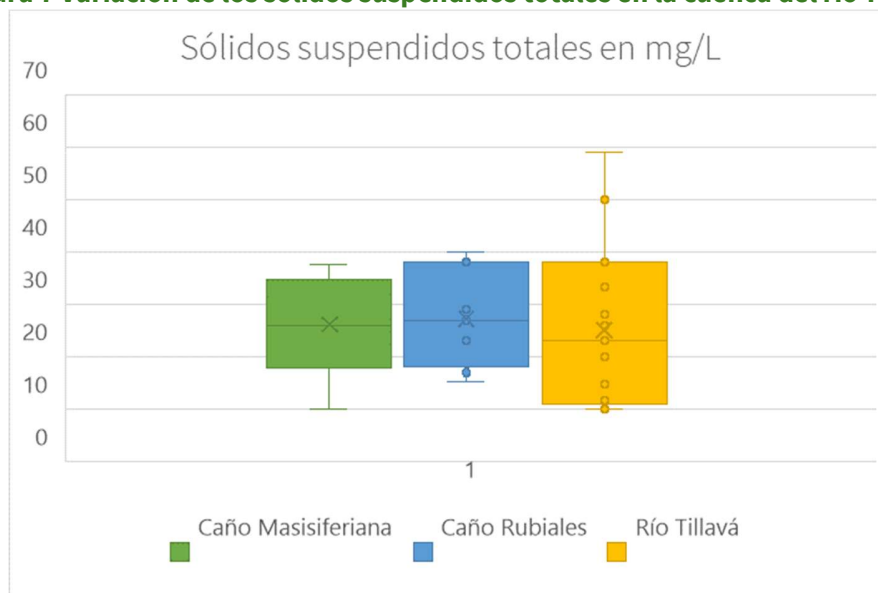
Teniendo en cuenta los resultados anteriores, se seleccionaron algunos parámetros para su análisis de manera conjunta en el área de la cuenca del río Tillavá los cuales corresponden a sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto y coliformes totales.

3.3.1 Sólidos suspendidos totales

En la Figura 7 se presenta la variación de los sólidos suspendidos totales - SST para los cuerpos de agua analizados.



Figura 7 Variación de los sólidos suspendidos totales en la cuenca del río Tillavá



Fuente: ANLA, 2024.

Los SST es un parámetro ampliamente utilizado para determinar la calidad del agua. Es una medida importante para determinar el grado de afectación y el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos. En la Tabla 11 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 11. Rangos asociados con concentraciones de SST en el agua superficial

Rango	Clasificación de la calidad del agua
SST<25	Excelente: Muy buena calidad
25<SST<75	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola
75<SST<150	Aceptable: Con indicios de afectación. Condición regular para los peces. Riego agrícola restringido
150<SST<400	Regular: Agua con alto contenido de material suspendido
SST>400	Mala: Aguas superficiales con alta carga. Mala condición para los peces

Fuente: Tomado de Posada, Mojica, Pino, & Bustamante, 2013. Adaptado por ANLA, 2024.

En general, se evidencia que la concentración de SST en la cuenca y tramos analizados se encuentran entre los 10 y 60 mg/L, y con promedio de 26 mg/l, presentándose los mayores resultados y la mayor variación en el río Tillavá.

De acuerdo con estos resultados, se trata de **aguas con condiciones de calidad entre buena y excelente**. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, se observa que, en los tres cuerpos de agua, no se cumplió con el objetivo establecido por CORMACARENA (2016) para este parámetro (25 mg/l), en el rango entre promedio y máximos; sin embargo, al analizar el criterio de calidad establecido en la literatura técnica consultada, los valores inferiores a 25

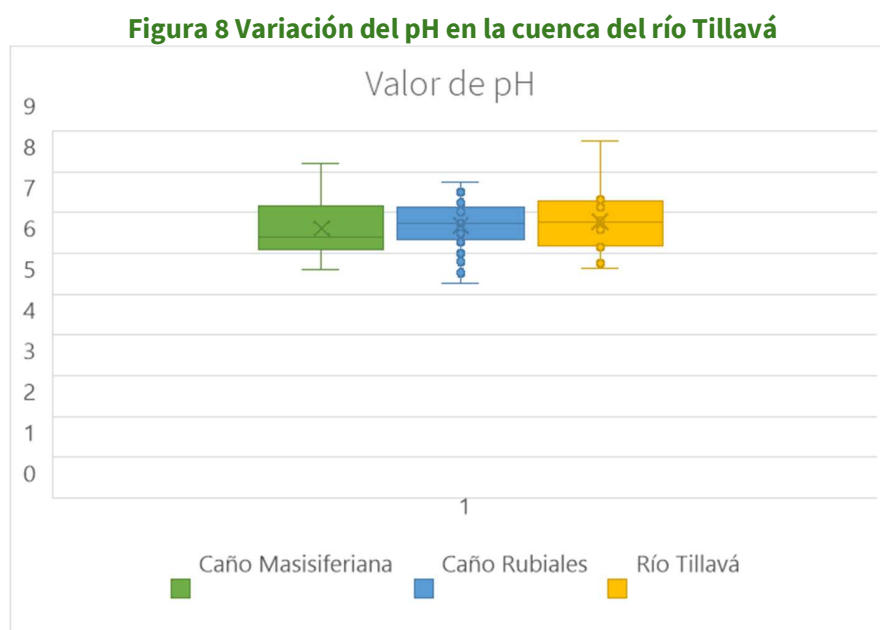


mg/l reflejan condiciones excelentes de calidad del agua, por lo que se recomienda a la corporación revisar si el criterio establecido está acorde con las condiciones de la zona.

En conclusión, a la luz de los datos analizados, no se evidencia de manera directa la acumulación de impactos en cuanto a este parámetro en la cuenca del río Tillavá.

3.3.2 pH

En la Figura 8 se presenta la variación del pH para los cuerpos de agua analizados.



Fuente: ANLA, 2024.

El potencial de hidrógeno – pH es muy importante en las aguas superficiales, debido a que es el rango en el cual pueden interactuar los ecosistemas y sobrevivir las especies que lo conforman esta sumamente restringido, por lo que, si es alterado drásticamente, los procesos biológicos que normalmente se llevan a cabo pueden ser perturbado o inhibidos. En la Tabla 12 se relacionan los rangos establecidos en el decreto 1076 de 2015 para destinación del recurso.

Tabla 12. Rangos asociados con concentraciones de pH en el agua según destinación del recurso.

Uso	Rango
ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3. Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico	5.0 - 9.0 unidades
ARTÍCULO 2.2.3.3.9.4. Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.	6.5 - 8.5 unidades
ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5. Criterios de calidad para uso agrícola.	4.5 - 9.0 unidades.

Fuente: MADS, Decreto 1076 de 2015.





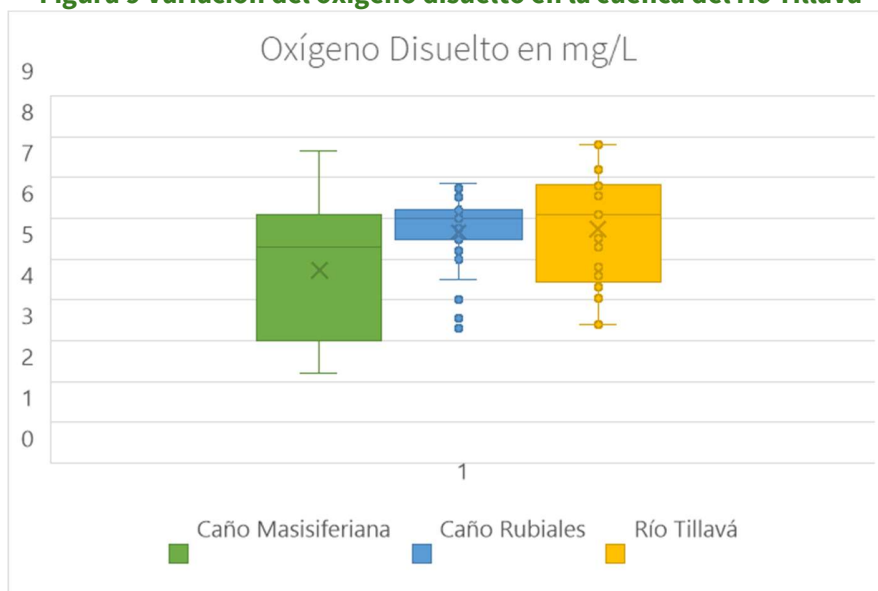
En general, los resultados de pH se encuentran entre 5,25 y 8,74 unidades con promedio de 6,7 unidades, por lo que cumple con los criterios establecidos para todos los usos, salvo algunas excepciones en cuanto a desinfección para consumo humano en sus valores mínimos, dado que el límite inferior para este criterio es más alto. Adicionalmente, se observa cumplimiento del objetivo de calidad establecido por CORMACARENA (2016) para este parámetro en los caños (4,5 – 9,0 unidades) y en la mayoría de los resultados en el río Tillavá (6,5 – 9,0 unidades), salvo algunos resultados en el rango de mínimos sobre el río Tillavá, esto debido a que el límite inferior del objetivo para el río es más alto que para los caños.

No obstante, como ya se mencionó en secciones anteriores, a nivel temporal se observa reducción progresiva de las concentraciones en todos los cuerpos de agua analizados, es decir se observa tendencia ácida, lo cual llama la atención teniendo en cuenta las actividades industriales que se desarrollan en la cuenca, tanto por parte del sector hidrocarburos como agropecuario, que pueden estar generando acumulación de impactos en cuanto a este parámetro, por lo que se recomienda continuar con el monitoreo sistemático con el fin de confirmar o descartar esta tendencia.

3.3.3 Oxígeno disuelto

En la Figura 9 se presenta la variación del oxígeno disuelto para diferentes tramos analizados.

Figura 9 Variación del oxígeno disuelto en la cuenca del río Tillavá



Fuente: ANLA, 2024.

El oxígeno disuelto resulta esencial para la supervivencia de la mayoría de las especies acuáticas, incluyendo a los peces, organismos invertebrados y plantas. Además, desempeña un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema. En la Tabla 13 se





presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 13. Rangos asociados con concentraciones de oxígeno disuelto en el agua superficial

Rango	Clasificación de la calidad
0,0 - 4,0	Mala, algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 +	Excelente

Fuente: Tomado de Posada, Mojica, Pino, & Bustamante, 2013. Adaptado por ANLA, 2024

En general, se evidencia que la concentración del oxígeno disuelto en los tramos analizados se encuentra en concentraciones entre los 2,2 y 7,8 mg/L, con promedio de 5,49 mg/l, por lo que se trata de aguas con condiciones de calidad entre aceptable y mala. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, se observa que, en los tres cuerpos de agua analizados, se presentó incumplimiento del objetivo establecido por CORMACARENA (2016) para este parámetro, en el rango de mínimos. Los valores más bajos de oxígeno disuelto se han presentado el caño Masiferiana

Lo anterior, puede ser causado por la materia orgánica en descomposición, como hojas, plantas y animales muertos, lo cual consume oxígeno disuelto, por descargas de aguas residuales domésticas y agropecuarias de la zona, cuyos componentes que consumen el oxígeno disuelto en el agua y por la variación en cuanto a las temporadas climáticas.

En conclusión, a la luz de los datos analizados de oxígeno disuelto, se observan condiciones de calidad entre aceptable y mala en los tres cuerpos de agua.

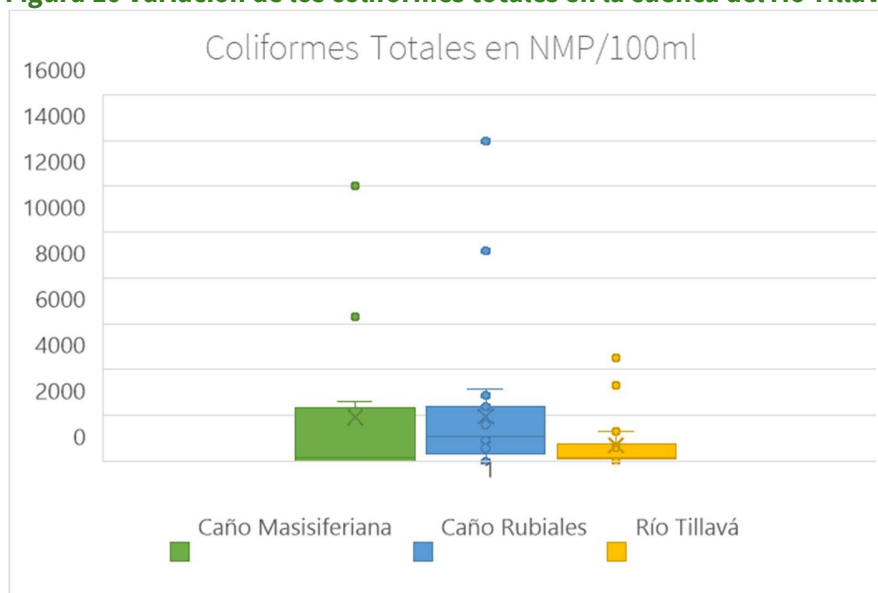
3.3.4 Coliformes totales

En la Figura 10 se presenta la variación de los coliformes totales para diferentes tramos analizados.





Figura 10 Variación de los coliformes totales en la cuenca del río Tillavá



Fuente: ANLA, 2024.

Los coliformes totales son bacterias que se pueden encontrar en el ambiente, aunque su presencia no indica necesariamente contaminación fecal.

En general, se evidencia que la concentración de los coliformes en los tramos analizados se encuentran en concentraciones de hasta 155000 NMP/100ml, con promedio de 8578 NMP/100ml, por lo que se trata de aguas cuyas condiciones de calidad restringen su destinación para consumo humano y agrícola, dado que no cumple los criterios establecidos en el decreto 1076 de 2015 para estos usos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 (20000, 1000 y 5000 NMP/100ml respectivamente).

Se observa que, a nivel de promedios, las mayores concentraciones están en el caño Masiferiana y Caño Rubiales, mientras que en el río Tillavá las concentraciones son menores.

Si bien los valores reportados se consideran altos, y limitan los usos del agua en la cuenca, la mayoría de los resultados están por debajo de los 3000 NMP/100 mL y no se observa que se esté presentando acumulación de impactos, dado que los resultados sobre el río Tillavá fueron menores que sobre los caños.

En conclusión, se observan impactos sobre la calidad del agua para cuerpos de agua analizados en cuanto al parámetro coliformes totales, dado que los resultados indican limitación en cuanto al uso del recurso, lo cual puede ser consecuencia de descargas de aguas residuales de origen doméstico e industrial, así como por descomposición de materia orgánica, sin embargo, no se evidencia en la matriz agua la acumulación en cuanto a este parámetro dado que no se observa incremento en las concentraciones hacia aguas abajo.





4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se relacionan las conclusiones generales y por cuerpo de agua que se establecen a partir de los análisis de parámetros previamente presentados.

4.1 Conclusiones Generales

El análisis realizado incluye únicamente los parámetros fisicoquímicos en la matriz de agua, obtenidos a partir de monitoreos realizados en el periodo 2020 a 2023 y reportados por cinco (5) expedientes del sector de hidrocarburos dentro de los ICA correspondientes a estos periodos. Se espera que en la medida que se tengan datos de monitoreos hidrobiológicos, se podrá analizar en conjunto con los resultados de los parámetros fisicoquímicos, y de esta manera poder revisar de manera más amplia las implicaciones de las actividades tanto mineras como de los sectores agrícola y pecuario que se realizan en los cuerpos de agua analizados, por lo que, se considera que el análisis aquí presentado puede tener limitaciones al no tener en cuenta posibles afectaciones en la fauna y flora acuáticas y acumulaciones de metales pesados en los sedimentos.

De acuerdo con la comparación realizada frente a los objetivos de calidad se detectaron algunos parámetros que no cumplen con los objetivos planteados por CORMACARENA (2016) en el Plan de Ordenamiento de las fuentes hídricas superficiales – PORH del río Tillavá, caño Rubiales y caño Masiferiana o Masiferiano, los cuales corresponden a los parámetros demanda química de oxígeno – DQO, sólidos suspendidos totales – SST, oxígeno disuelto y valor de pH. A continuación, se presentan conclusiones generales de cada uno de estos parámetros.

Con respecto a los SST se observa que los cuerpos de agua analizados están asociados con condiciones de calidad entre buena y excelente, ya que, en general se evidencia que la concentración de SST en la cuenca y tramos analizados se encuentran entre los 10 y 60 mg/L, y con promedio de 26 mg/l, presentándose los mayores resultados y la mayor variación en el río Tillavá. Conforme lo anterior, se observa que las concentraciones de este parámetro no son altas ni reflejan condiciones asociadas con una alteración en la calidad del agua de las corrientes analizadas, aun cuando se evidencia que no se cumplió con el objetivo establecido por CORMACARENA (2016) para este parámetro (25 mg/l); sin embargo, al analizar el criterio de calidad establecido en la literatura técnica consultada, los valores inferiores a 25 mg/l reflejan condiciones excelentes de calidad del agua, por lo que se recomienda a la corporación revisar si el criterio establecido está acorde con las condiciones de la zona.

En cuanto al oxígeno disuelto, los resultados en general reportaron concentraciones entre los 2,2 y 7,8 mg/L, con promedio de 5,49 mg/l, lo cual indica que en general se cumple con el objetivo de calidad establecido a nivel de promedios (superior a 4 mg/L). También se





observan condiciones de calidad entre aceptable y buena en la mayoría de los cuerpos de agua, ya que, el incumplimiento se presenta por valores mínimos registrados en los tres cuerpos de agua analizados así: río Tillavá 3,390 mg/L, caño Rubiales 3,300 mg/L y caño Masififeriana 2,200 mg/L, siendo este último cuerpo de agua el que refleja menor concentración del parámetro.

Por último, respecto a coliformes totales (concentraciones de hasta 155000 NMP/100ml, con promedio de 8578 NMP/100ml), se evidencia por las condiciones de este parámetro, se trata de aguas cuyas condiciones de calidad restringen su destinación para consumo humano y agrícola, dado que no cumple los criterios establecidos en el decreto 1076 de 2015 para estos usos establecidos en los artículos 2.2.3.3.9.3, 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 (20000, 1000 y 5000 NMP/100ml respectivamente).

Ahora bien, en términos generales, en los tres cuerpos de agua analizados se evidencian condiciones de calidad del agua entre aceptable y regular y, a partir de los datos analizados no se evidencia en la matriz agua acumulación en las concentraciones de los parámetros evaluados, toda vez que los incumplimientos registrados se presentan de forma puntual.

4.2 Conclusiones Específicas por cuerpo de agua de la red regional de monitoreo

4.2.1 Río Tillavá

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, DQO, Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y valor de pH, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en todo el cuerpo de agua; sin embargo, es pertinente indicar que las concentraciones de estos parámetros y su incumplimiento pueden influenciar la calidad en general de la corriente hídrica. Ahora bien, respecto a otros parámetros como turbidez, hidrocarburos y grasas y aceites presentan cumplimiento normativo y, en otros casos como los metales se evidencia que las concentraciones reportadas por los proyectos se encuentran por debajo de los límites de cuantificación utilizados por los laboratorios.

En los resultados de los iones, se evidencia que, para los sulfatos hay un valor máximo 13,35 mg/l en febrero de 2022 que se encuentra por encima del límite de cuantificación, específicamente para el punto REH-005; sin embargo, en el resto de los puntos, los resultados estuvieron por debajo de los límites de cuantificación utilizados (<5 y 11 mg/l), lo cual permite verificar el cumplimiento del criterio para consumo humano del decreto 1076 de 2015.

En general, el río Tillavá presenta cumplimiento normativo de los parámetros analizados que cuentan con límites máximos permisibles. Asimismo, no se evidencia tendencia creciente en los parámetros que conlleven a una acumulación de impactos en el cuerpo de agua.





4.2.2 Caño Rubiales

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DQO, Oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en todo el cuerpo de agua; sin embargo, es pertinente indicar que las concentraciones de estos parámetros y su incumplimiento pueden influenciar la calidad en general de la corriente hídrica. Ahora bien, respecto a otros parámetros como turbidez, hidrocarburos y grasas y aceites presentan cumplimiento normativo y, en otros casos como los metales se evidencia que las concentraciones reportadas por los proyectos se encuentran por debajo de los límites de cuantificación utilizados por los laboratorios.

En general, el caño Rubiales presenta cumplimiento normativo de los parámetros analizados que cuentan con límites máximos permisibles. Asimismo, no se evidencia tendencia creciente en los parámetros que conlleven a una acumulación de impactos en el cuerpo de agua.

4.2.3 Caño Masififeriana

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: Oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en todo el cuerpo de agua; sin embargo, es pertinente indicar que las concentraciones de estos parámetros y su incumplimiento pueden influenciar la calidad en general de la corriente hídrica. Ahora bien, el caño Masififeriana es el que presenta la concentración de oxígeno disuelto más baja de los tres cuerpos de agua analizados con una concentración de 2,200 mg/l, asociado esto con una calidad mala que puede ser causado por la materia orgánica en descomposición, como hojas, plantas y animales muertos, lo cual consume oxígeno disuelto, por descargas de aguas residuales domésticas y agropecuarias de la zona, cuyos componentes que consumen el oxígeno disuelto en el agua y por la variación en cuanto a las temporadas climáticas.

Respecto a otros parámetros como turbidez, hidrocarburos y grasas y aceites presentan cumplimiento normativo y, en otros casos como los metales se evidencia que las concentraciones reportadas por los proyectos se encuentran por debajo de los límites de cuantificación utilizados por los laboratorios.

En general, el caño Masififeriana como los otros dos cuerpos de agua analizados, presenta cumplimiento normativo de los parámetros analizados que cuentan con límites máximos permisibles. Asimismo, no se evidencia tendencia creciente en los parámetros que conlleven a una acumulación de impactos en el cuerpo de agua.





4.3 Alertas regionales (internas)

Teniendo en cuenta las limitaciones en el análisis aquí presentado, debido a que solo se tuvo en cuenta resultados de parámetros fisicoquímicos en la matriz agua, se recomienda para los análisis futuros incluir los monitoreos, como producto de la estrategia de monitoreo regional, de manera que se pueda revisar de manera más amplia las implicaciones de las actividades tanto mineras como de los sectores agrícola y pecuario, que se realizan en el área, sobre los cuerpos de agua analizados.

Se recomienda para los seguimientos de los expedientes asociados con la estrategia evaluar y realizar los requerimientos necesarios, para asegurar que los límites de detección de los métodos analíticos empleados por los laboratorios permitan la comparación con la normativa respectiva, así como los objetivos de calidad aplicables. Lo anterior, considerando lo evidenciado en el análisis del parámetro de demanda química de oxígeno en el río Tillavá, en los cuales se observa para los valores reportados en el 2023, que los límites de detección (30 y 35mg/l) son mayores que el objetivo de calidad (20 mg/l), por lo que se recomienda utilizar límites que permitan dicha verificación.

De acuerdo con el análisis de Oxígeno Disuelto desarrollado en el caño Masisiferiana, en el cual se observa incumplimiento del objetivo de calidad en varios periodos (época de lluvia y seca) para este parámetro, se recomienda solicitar al expediente LAM0019 (en el marco del seguimiento del mismo), la justificación técnica de este resultado.

Validar con la autoridad ambiental regional, si los objetivos de calidad establecidos en la cuenca son acordes a las condiciones de la zona o si algunos de los parámetros deben ser ajustados. Lo anterior, considerando lo evidenciado en el parámetro de sólidos suspendidos totales, para el cual se registró que, en los tres cuerpos de agua, no se cumplió con el objetivo establecido por CORMACARENA (2016) para este parámetro (25 mg/l), en el rango entre promedio y máximos; sin embargo, se identificó que esto es contradictorio al criterio de calidad establecido en la literatura técnica consultada.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1.] ANLA (2018) Documento técnico de formulación de la Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá
- [2.] ANLA (2020) Reporte de Alertas de las subzonas hidrográficas del Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco
- [3.] CORMACARENA (2016) Resolución PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016: Plan de Ordenamiento de las fuentes hídricas superficiales denominadas Río Tillavá, Caño Rubiales y Caño Masiferiano, ubicadas en jurisdicción del Departamento del Meta.





- [4.] CORMACARENA (2019) Resolución PS.GJ.1.2.6.19.0141 del 21 de febrero del 2019: Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Tillavá.
- [5.] EPA (1986) United States Environmental Protection Agency: Water Quality Criteria - Aquatic Life Criteria Table. Consultado en: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table>
- [6.] MADS (2015). Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

