



Autoridad Nacional
de Licencias Ambientales

ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

**EN LA ZONA MINERA DEL CENTRO DEL
DEPARTAMENTO DEL CESAR
APLICACIÓN FASE IV - ANÁLISIS DE DATOS
(2020-2023)**

AGOSTO 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 Lopez
**Líder
Implementación Regional**

Yuli Carolina Velandia Roncancio
Juliana Andrea Alzate Gómez
Profesionales

Nelson Felipe Moreno Cardona
Modelador

Gloria Patricia Moscote Ordoñez
**Líder Temático (Revisión)
Componente Hídrico Superficial**



Contenido

INTRODUCCIÓN	4
1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL	6
1.1 Expedientes relacionados con la estrategia de monitoreo	7
1.2 Localización de los puntos de monitoreo definidos en la estrategia	8
1.3 Periodicidad del monitoreo	9
1.4 Parámetros de monitoreo	9
2 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE ANALISIS	10
3 ANÁLISIS REGIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA MINERA DEL CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR	12
3.1 Definición de cuerpos de agua objeto de análisis	14
3.2 Parámetros considerados en el análisis	16
3.3 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis	19
3.4 Resultados estadísticos y tendencia de parámetros de calidad de agua por cuerpo de agua	20
3.4.1 Río Calenturitas	20
3.4.2 Río Tucuy	25
3.4.3 Caño Canime	31
3.4.4 Caño Santa Cruz	35
3.4.5 Caño Santiago - Río Sororia	39
3.4.6 Ciénaga La Panchita	41
3.4.7 Caño Caimancito	41
3.4.8 Arroyo Paraluz	46
3.4.9 Arroyo Garrapata	52
3.4.10 Caño El Tigre - Arroyo San Antonio	58
3.4.11 Arroyo Las Ánimas	63
3.4.12 Ciénaga Mata de Palma	65
3.4.13 Caño Platanal – El Zorro	71
3.5 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio	76
3.5.1 Demanda química de oxígeno	76
3.5.2 Sólidos suspendidos totales	78
3.5.3 Conductividad	79
3.5.4 Sulfatos	80
3.5.5 Oxígeno disuelto	82
3.5.6 Coliformes totales	83
4 MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS ZONA MINERA DEL CESAR	91
4.1 Índices Hídricos	94
4.1.1 Río Calenturitas	101





4.1.2	Río Sororia	102
4.1.3	Río Tucuy Alto.....	104
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
5.1	Conclusiones Generales.....	106
5.2	Conclusiones Específicas por cuerpo de agua de la red regional de monitoreo .	108
5.2.1	Río Calenturitas.....	108
5.2.2	Río Tucuy	108
5.2.3	Caño Canime	108
5.2.4	Caño Santa Cruz.....	109
5.2.5	Caño Santiago - Río Sororia.....	109
5.2.6	Ciénaga la Panchita	109
5.2.7	Caño Platanal – El Zorro	109
5.2.8	Caño Caimancito	110
5.2.9	Arroyo Paraluz	110
5.2.10	Arroyo Garrapata	110
5.2.11	Ciénaga Mata de Palma	110
5.2.12	Arroyo San Antonio	110
5.2.13	Arroyo las Ánimas.....	111
5.3	Alertas regionales (internas) en el marco del seguimiento y control de ANLA.....	111
6	BIBLIOGRAFÍA	112
7	ANEXOS.....	112
	Anexo 1: Actos administrativos	112
	Anexo 2: Coordenadas red de monitoreo Zona Minera del cesar	112
	Anexo 3: Coordenadas puntos de monitoreo analizados 2020-2023.....	112
	Anexo 4: Análisis tendencial	112
	Anexo 5: Box plot por cuerpos de agua.....	112



INTRODUCCIÓN

La estrategia de monitoreo regional del componente hídrico superficial en la Zona Minera del Centro del departamento del Cesar establece la estandarización de los parámetros y 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 mineras que se desarrollan en el centro del Departamento del Cesar, 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 zona minera del centro del Departamento del Cesar.

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.

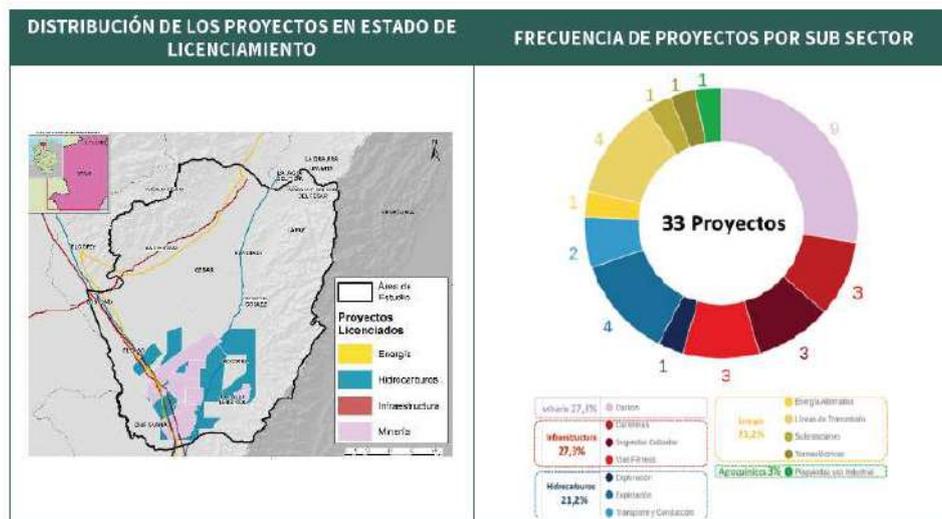
En este sentido, la ANLA desde el 2015, ha venido realizando gestión con las empresas mineras del departamento del Cesar, con el propósito de optimizar el seguimiento y control del recurso hídrico, y se estructuró la estrategia de monitoreo regional, la cual generó obligaciones inicialmente en el año 2017 para por parte de las empresas establecer el diagnóstico, desarrollar los lineamientos, estructurar y estandarizar los monitoreos del recurso hídrico superficial mediante una propuesta de red de monitoreo, lo cual fue presentado de manera conjunta por las empresas en noviembre de 2019; producto de su revisión por parte de la ANLA se generaron requerimientos en enero de 2021, lo cual fue ajustado y presentado nuevamente en febrero de 2022, y finalmente en el año 2023 se estableció la red de monitoreo regional bajo condiciones específicas de modo, tiempo y lugar para cada uno de los 7 expedientes involucrados en la estrategia.



En el presente documento se presenta el análisis de información disponible en los años previos al establecimiento y entrada en vigencia de la estrategia de monitoreo regional, específicamente en los periodos 2020 a 2023 en cuanto a la calidad del recurso hídrico superficial en los cuerpos de agua principales dentro del área regionalizada, los cuales son receptores de vertimientos industriales producto de las actividades mineras, entre otras actividades, y la información que ha sido reportada por los 7 expedientes que hacen parte de la estrategia regional a través de los Informes de cumplimiento ambiental, con fecha de corte documental 30 de abril de 2024.

Para la interpretación adecuada de los resultados, es importante tener presente que además de los proyectos mineros, en el área se desarrollan actividades de los sectores de hidrocarburos, energía e infraestructura, lo cual de acuerdo con el documento “Actualización del Reporte de análisis regional de la Zona Minera del Cesar” (ANLA. 2021), hasta la fecha de corte de elaboración del precitado documento, en el área se tiene el siguiente estado del licenciamiento:

Figura 1 Estado del licenciamiento Zona Centro del Departamento del Cesar



Fuente: ANLA, 2021

Adicionalmente, en el área se desarrollan actividades de sectores que no pertenecen a la jurisdicción ambiental de la ANLA como son agropecuario y agroforestal, entre otros, que también pueden tener impactos sobre la calidad del recurso hídrico en el área analizada.

En el documento “Actualización del Reporte de análisis regional de la Zona Minera del Cesar” (ANLA. 2021), se indica que “De acuerdo con el Plan de Departamental de extensión agropecuario departamento del Cesar 2020-2023 y los datos reportados en la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), la frontera agrícola es de 1.398.236 hectáreas lo que representa el 61,96% del área total del departamento. Es de resaltar que el departamento ocupa el décimo segundo puesto a nivel nacional, teniendo un porcentaje promedio de participación en la producción nacional de 2,2% en los últimos diez años, y a partir del 2013 se

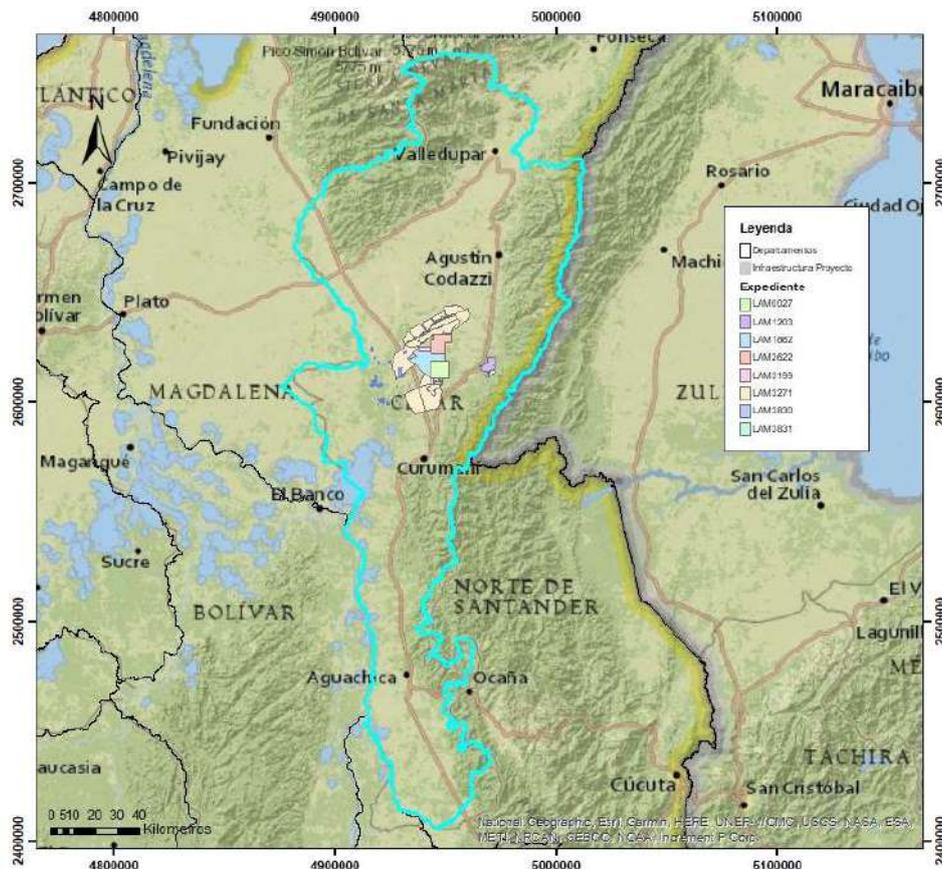
registra un incremento constante en la producción. En cuanto a los productos con mayor área de siembra y producción, se destaca la cadena productiva de la palma de aceite, café, maíz, cacao, arroz, yuca, plátano, caña panelera, frijol, aguacate principalmente; en el sector pecuario se encuentra la producción de bovinos (carne y leche); sistemas de producción ovino-caprino, en el sector piscícola la producción de bocachico, tilapia y dorada; y cultivos de abejas y producción de miel.”

Con relación a la cantidad de agua en la zona minera del centro del Departamento del Cesar, se muestran resultados de la modelación hidrológica realizada con sus respectivos índices hídricos en las cuencas del río Calenturitas, Sororia y Tucuy alto.

1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL

Como ya se ha mencionado, esta estrategia se focaliza en los proyectos mineros ubicados en la Zona Minera del centro del departamento del Cesar, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 Localización general Zona Minera del centro del Departamento del Cesar



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 zona minera del cesar que ha sido implementada para los proyectos del sector de minería.

1.1 Expedientes relacionados con la estrategia de monitoreo

En la Tabla 1 se relacionan los expedientes asociados con la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial y las resoluciones en las cuales se han impuesto las obligaciones. Adicionalmente en el Anexo 1, se incluye la trazabilidad de los radicados, conceptos técnicos, actas y autos en los que vía seguimiento se realizó la revisión de las obligaciones, la imposición de requerimientos adicionales y las consideraciones de la imposición de la red de monitoreo regional.

Tabla 1. Expedientes asociados con la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial

EXPEDIENTE	NOMBRE PROYECTO	TITULAR LICENCIA	RESOLUCIÓN (1)	RESOLUCIÓN (2)	RESOLUCION (3)
LAM1203	LA JAGUA	CARBONES DE LA JAGUA S.A. (PRODECO)	383 de 10 de abril de 2017	1236 de 3 de agosto de 2018	1314 del 20 de junio de 2023
LAM2622	CALENTURITAS	C.I. PRODECO S.A.	384 de 10 de abril de 2017	1243 de 6 de agosto de 2018	1552 del 18 de julio de 2023
LAM0027	LA LOMA	DRUMMOND LTD.	395 de 10 de abril de 2017	1242 de 6 de agosto de 2018	581 del 23 de marzo de 2023 – RR 1884 de 25 de agosto de 2023
LAM3271	EL DESCANSO	DRUMMOND LTD.	385 de 10 abril de 2017	1244 de 6 de agosto de 2018	1028 del 17 de mayo de 2023 – RR 2246 del 3 de octubre de 2023
LAM3199	LA FRANCIA	C.I. COLOMBIAN NATURAL RESOURCES	461 de 26 de abril de 2017	2301 de 12 de diciembre de 2018	1292 del 15 de junio de 2023
LAM1862	EL HATILLO	CNR III LTD SUCURSAL COLOMBIA	396 de 10 de abril de 2017	2303 de 12 de diciembre de 2018	1329 del 21 de junio de 2023
LAM3831	CERROLARGO	NORCARBON	494 de 28 de abril de 2017	2302 de 12 de dic. de 2018	1300 del 16 de junio de 2023

(1) Impone obligación de realizar un diagnóstico y proponer una red de monitoreo regional; (2) Resuelve recurso de reposición y/o aclara obligaciones; (3) Establece las condiciones de modo, tiempo y lugar de la estrategia regional – Resuelve recuso de reposición

Fuente: ANLA, 2024

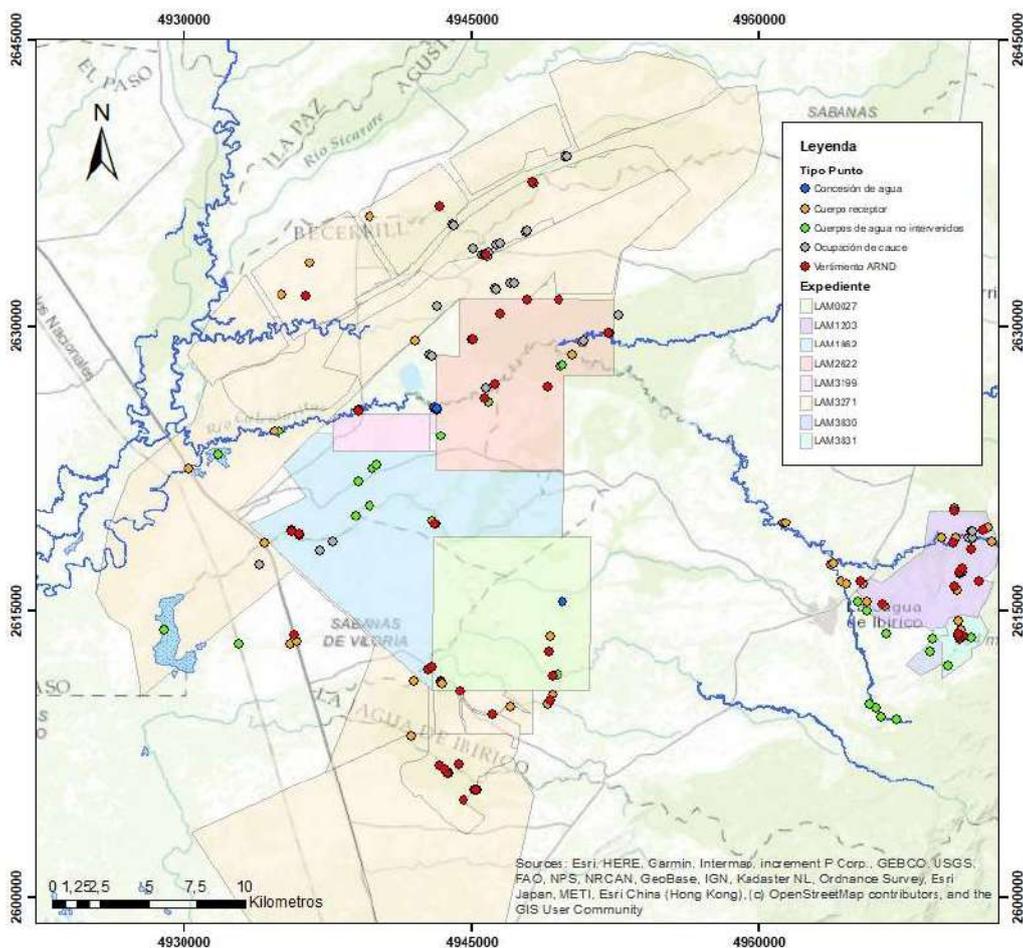


1.2 Localización de los puntos de monitoreo definidos en la estrategia

En la Tabla 2 se relacionan el número de puntos finales de la estrategia regional impuestos en el año 2023 los cuales han sido modificados con respecto a lo definido inicialmente en la formulación de la estrategia contenida en el documento denominado “*Documento Técnico Estrategia Regional de Monitoreo del recurso hídrico superficial para la zona centro del departamento del Cesar*” elaborado en 2018 por la ANLA, de acuerdo con la propuesta realizada por las empresas y las valoraciones realizadas en los seguimientos.

Asimismo, en la Figura 3 se presenta la espacialización de los puntos incluidos actualmente en la estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico superficial en la Zona Minera del Cesar. En el Anexo 2 se presenta la relación de las coordenadas de cada punto junto con la nomenclatura ID_ANLA establecida para cada uno y la frecuencia de monitoreo.

Figura 3 Localización de los puntos de monitoreo de la estrategia – condición de lugar



Fuente: ANLA, 2024.





Tabla 2. Número de puntos de monitoreo por expediente de estrategia de monitoreo

Expediente	Concesión de agua	Cuerpo receptor	Cuerpos de agua no intervenidos	Ocupación de cauce	Vertimiento ARND	Total por expediente
LAM0027	1	9	2		9	21
LAM1203		18		5	11	34
LAM1862		3	7	6	2	18
LAM2622		7	6	4	8	25
LAM3199		4	1		2	7
LAM3271	5	12	1	25	11	54
LAM3831		2	11		4	17
Total por tipo de punto	6	55	28	40	47	176

Fuente: ANLA, 2024.

1.3 Periodicidad del monitoreo

Dadas las características del régimen hidrológico en el centro del Departamento del Cesar, se estableció que los monitoreos asociados a vertimientos y cuerpos receptores de vertimientos tienen frecuencia mensual; por su parte los monitoreos asociados a ocupaciones cauce, captaciones superficiales y otros cuerpos de agua en el área no intervenidos, se estableció una frecuencia semestral, los dos periodos en los cuales debe realizarse el monitoreo son de **enero a marzo** (época de estiaje) para la caracterización de las condiciones climáticas secas y de **septiembre a noviembre** 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.

1.4 Parámetros de monitoreo

En la formulación de la estrategia de monitoreo se definieron parámetros necesarios para monitorear por cada tipo de punto (captaciones, ocupaciones de cauce, vertimiento, cuerpos receptores de vertimiento y otros cuerpos de agua no intervenidos), en la Tabla 4 se presentan los parámetros asociados a cuerpos receptores de vertimientos, los cuales son los que se analizan en el presente documento. Para este grupo de puntos también se definieron 5 parámetros hidrobiológicos y 8 relacionados con las características físicas y químicas de



los sedimentos, sin embargo, teniendo en cuenta que el enfoque de este documento son las características fisicoquímicas de la matriz agua, por el momento no se analizan en el presente documento y por lo tanto no se especifican en la tabla.

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

Tipo de parámetro	Parámetro
Físicos	Caudal, temperatura, conductividad eléctrica,
Químicos:	Oxígeno disuelto, pH, DBO5, DQO, Carbono orgánico total, Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales, Sólidos disueltos, Sólidos totales, Turbiedad, Acidez, Alcalinidad.
Compuestos orgánicos:	Hidrocarburos totales, Grasas y aceites, Fenoles.
Compuestos de fósforo	Fósforo, ortofosfatos.
Compuestos de nitrógeno	Nitritos, Nitratos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total Kjeldahl.
Metales y metaloides	Cadmio, Plomo, Hierro, Mercurio, Níquel, Cobre, Zinc, Cromo, Arsénico.
Microbiológicos	Coliformes fecales, Coliformes Totales.
Iones	Sulfatos, Sulfuros, Cloruros, Fluoruros, Cianuro total.

Fuente: ANLA, 2024.

2 RÉGIMEN DE PRECIPITACIÓN EN EL ÁREA DE ANALISIS

Como área de análisis se tuvo en cuenta la extensión por POMCA establecida por CORPOCESAR, según se muestra en la Tabla 5, acotando algunas áreas de acuerdo con la localización de los expedientes analizados por lo que se tomaron de manera parcial, según se muestra en la siguiente tabla:

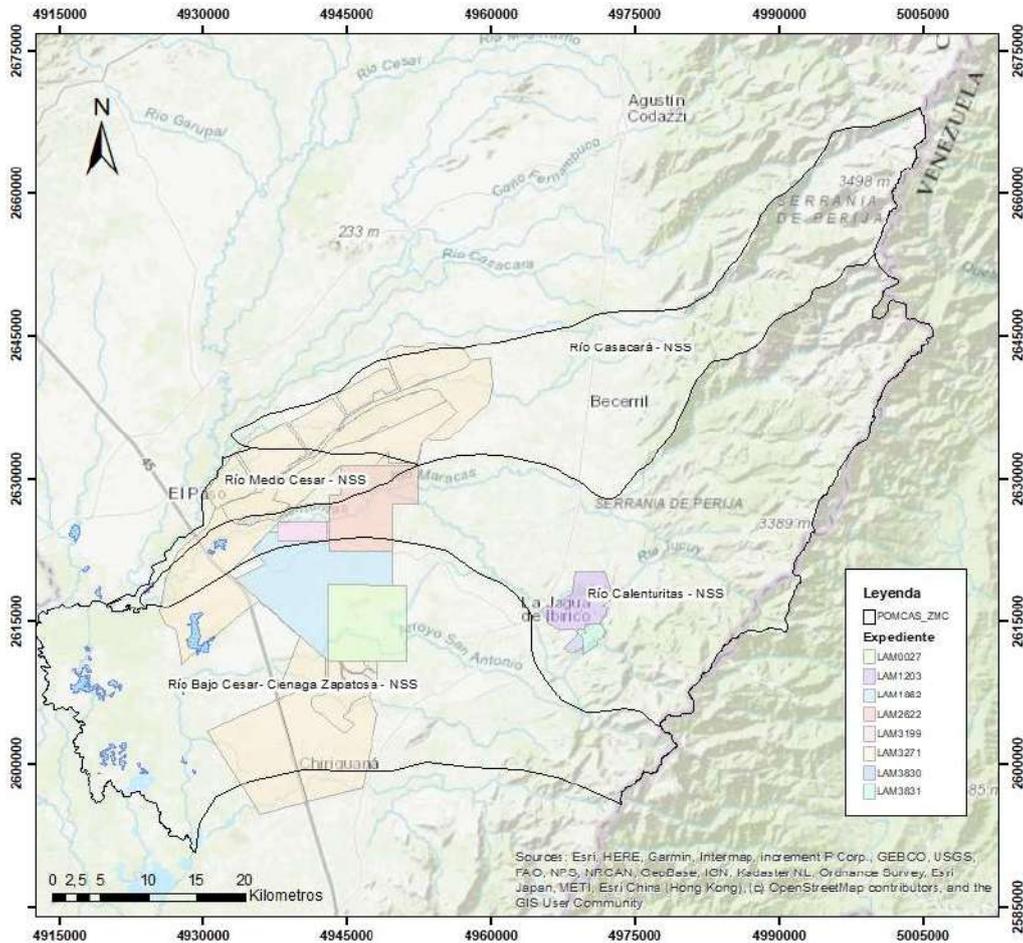
Tabla 5 POMCAS en el área analizada de la Zona Minera del Cesar

NOMSZH	Código POMCA	Nombre POMCA	Jurisdicción Departamento	CAR	Nombre Fase	Resolución que Adopta
Medio Cesar	2802-02	Río Medio Cesar - NSS	Cesar	CORPOCESAR 100	Sin Inicio	
Bajo Cesar	2805-02	Río Bajo Cesar- Ciénaga Zapatosa - NSS	Magdalena - cesar	COMISIÓN CONJUNTA (CORPOCESAR 92,85% CORPAMAG 7,15%)	Aprobado	CORPOCESAR: 002 de 2018
Medio Cesar	2802-08	Río Calenturitas - NSS	Cesar	CORPOCESAR 100	Aprobado	CORPOCESAR: 0629 de 2018
Medio Cesar	2802-07	Río Casacará - NSS	Cesar	CORPOCESAR 100	Sin Inicio	

Fuente: CORPOCESAR, 2021.

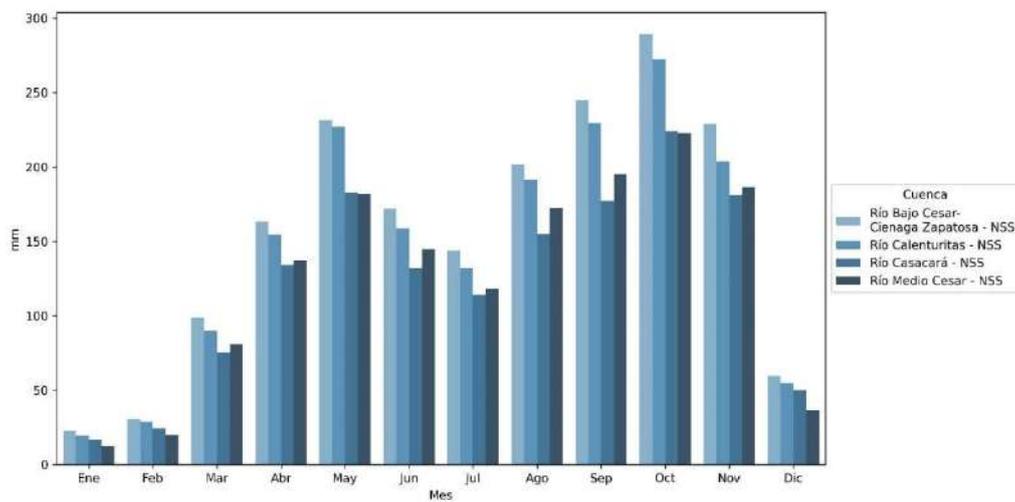


Figura 4 Cuencas POMCA en el área de la Zona minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024.

Figura 5 Régimen de precipitación en el área de análisis



Fuente: ANLA, 2024.

En la figura anterior, se presenta el resultado de la precipitación media mensual multianual en el área de análisis para cada una de las cuencas mostradas anteriormente. Para ello se utilizó información de precipitación de la red de estaciones hidro climatológicas del IDEAM disponibles en el área (CENTENARIO HACIENDA [28025090], CHIRIGUANA [25025250], JAGUA LA [25020230], LOMA LA [25020280], PASO EL [28040350], PLAYAS LAS HACIENDA [28020080], POPONTE [25020690], RETORNO EL [28020600], RINCONHONDO [25020260], SAN GABRIEL [28020420], SANTA TERESA HACIENDA [28020440], YUCAL EL [25021650]), en el periodo de 1990 – 2023.

Se observa que el régimen de la zona es bimodal con dos periodos de lluvia en el año, siendo los meses de mayores precipitaciones mayo, en el primer semestre, y octubre, en el segundo semestre; en el mes de julio se observa una disminución importante de las precipitaciones que marca la división entre una temporada de lluvias y otra; por su parte, la temporada seca corresponde al periodo entre diciembre y febrero. Lo anterior guarda relación con los periodos de monitoreos definidos en la estrategia y la importancia de realizar los monitoreos de acuerdo con las temporalidades establecidas.

Por otro lado, se observa que la cuenca con mayores precipitaciones es la de Bajo Cesar – Ciénaga Zapatosa (área parcial), ubicada al sur del área analizada, y la de mayores precipitaciones es la de Medio Cesar (área parcial) ubicada hacia el occidente.

3 ANÁLISIS REGIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN LA ZONA MINERA DEL CENTRO DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR

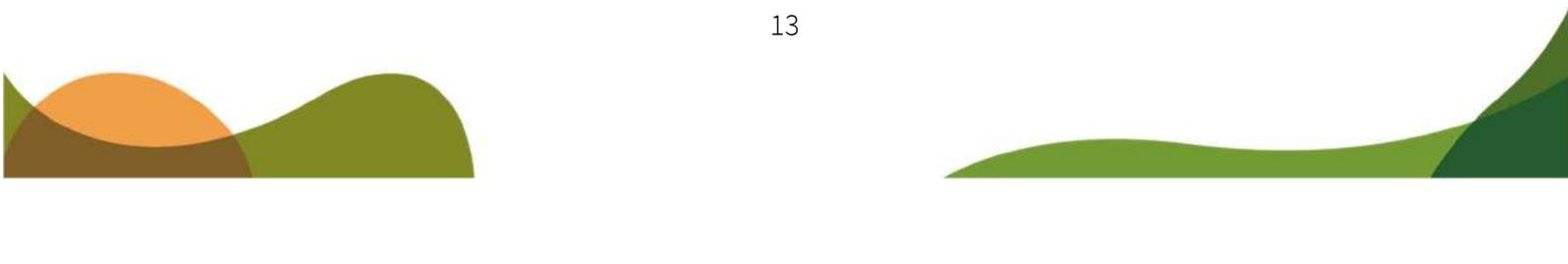
Teniendo en cuenta que la etapa de reporte de información, inicia a partir de la entrada en vigencia de las obligaciones propias de la estrategia de monitoreo, para realizar el análisis de condiciones regionales de la calidad del agua en los cuerpos superficiales de la zona minera del Cesar, se llevó a cabo la revisión de información disponible en la Base de Datos Corporativa (BDC) de la ANLA, a corte junio de 2023, asociada con los expedientes presentes en el área de interés y que hacen parte de la estrategia, con datos en el periodo 2020 a 2023, y que ha sido validada por el Centro de Monitoreo de los Recursos Naturales de la ANLA. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la información presentada en las GDB de los ICA correspondientes a los años 2020 hasta 2023, con corte documental a 30 de abril de 2024. Por último, se revisó la información radicada mediante VITAL y ORFEO a partir de la entrada en vigencia de las obligaciones de la estrategia (año 2023), y se encontró que para algunos expedientes se ha radicado información de esta manera. En la Tabla 6, un resumen de la información que se tuvo en cuenta para el análisis en cada expediente:


Tabla 6 Disponibilidad de información en cada expediente

EXPEDIENTE	PERIODO MONITOREO	RADICADO	FECHA
LAM3831	2020	2021059329-1-000	31-mar-21
LAM3831	2021	2022061211-1-000	31-mar-22
LAM3831	2022	20236200665112	27-sep-23
LAM3831	2023	20246200317432	20-mar-24
LAM3271	2020	2021092472-1-000	11-may-21
LAM3271	2021	2022089448-1-000	9-may-22
LAM3271	2022	2023069222-1-000	31-mar-23
LAM3199	2020	2022019084-1-000	7-feb-22
LAM3199	2021	2022187886-1-000	30-ago-22
LAM3199	2022	20236200289862	29-jun-23
LAM2622	2021	2022082702-1-000	29-abr-22
LAM2622	2022	20236200051842	28-abr-23
LAM2622	2023	20246200483102	30-abr-24
LAM1862	2020	2021185408-1-000	31-ago-21
LAM1862	2021	2022082269-1-000	29-abr-22
LAM1862	2022	20236200054202	28-abr-23
LAM1862	2023	20246200482032	30-abr-24
LAM1203	2021	2022082749-1-000	29-abr-22
LAM1203	2022	20236200722482	11-oct-23
LAM1203	2023	20246200483062	30-abr-24
LAM0027	2020	2021119008-1-000	15-jun-21
LAM0027	2021	2022121298-1-000	14-jun-22
LAM0027	2022	20236200170642	31-may-23
LAM0027	sep-23	20236201061972	28-dic-23
LAM0027	oct-23	20246200115262	31-ene-24
LAM0027	dic-23	20246200253042	6-mar-24
LAM0027	nov-23	20246200259412	6-mar-24
LAM0027	ene-feb-24	20246200504802	23-abr-24
LAM3271	oct-23	20246200115142	31-ene-24
LAM3271	dic-23	20246200254712	6-mar-24
LAM3271	nov-23	20246200260352	6-mar-24
LAM3271	ene-feb-24	20246200504192	19-abr-24

Fuente: ANLA, 2024.

Es importante tener presente que solo se tuvo en cuenta la información radicada con los ICA, según se muestra en la tabla anterior, por lo que los complementos o ajustes a la información realizados por las empresas de manera posterior a la entrega de cada ICA, no fueron tenidos en cuenta en el presente documento, los periodos sin información que se muestran en el análisis, en algunos casos pudieron ser subsanados de manera extemporánea por las empresas.

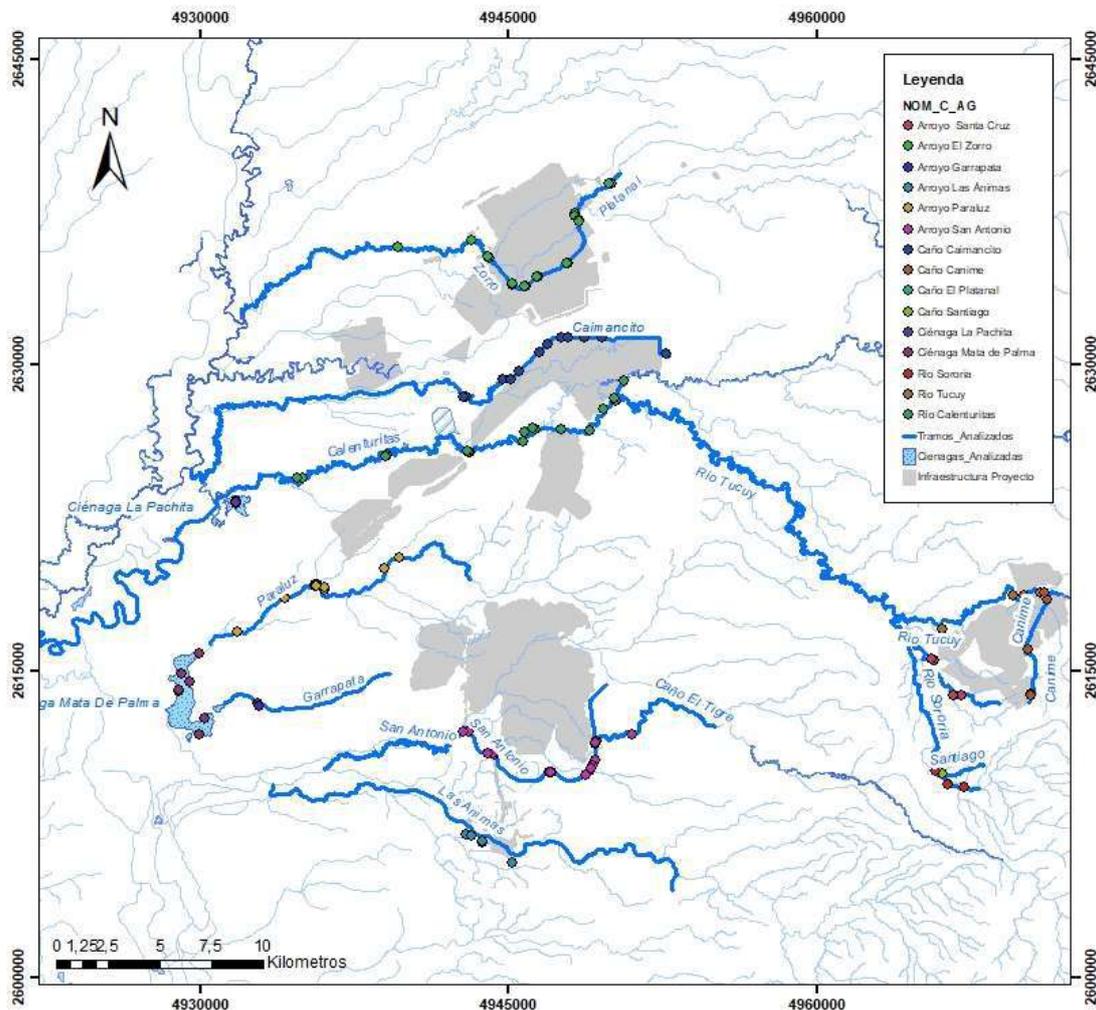




3.1 Definición de cuerpos de agua objeto de análisis

Teniendo en cuenta la información disponible descrita anteriormente, se revisaron los cuerpos de agua receptores de vertimientos mineros en el área de la zona minera del Cesar, cuya distribución espacial, junto con la localización de puntos de monitoreo con información disponible se muestra en la Figura 6. En el Anexo 3 se presenta la relación de puntos de monitoreo considerados en el análisis, con sus coordenadas.

Figura 6 Espacialización de los cuerpos de agua objeto de análisis y los puntos de monitoreo con información disponible



Fuente: ANLA, 2024.

En línea con lo anterior, se definieron los cuerpos de agua objeto de análisis en el presente informe, los cuales corresponden a 12 cuerpos lóticos sobre los cuales se realizan vertimientos mineros, y 2 cuerpos lénticos que reciben cuerpos lóticos receptores o cercanos a estos. Para estos 14 cuerpos de agua se identificaron los puntos de monitoreo que contaban con información de variabilidad espacial y temporal suficiente para un análisis estadístico y

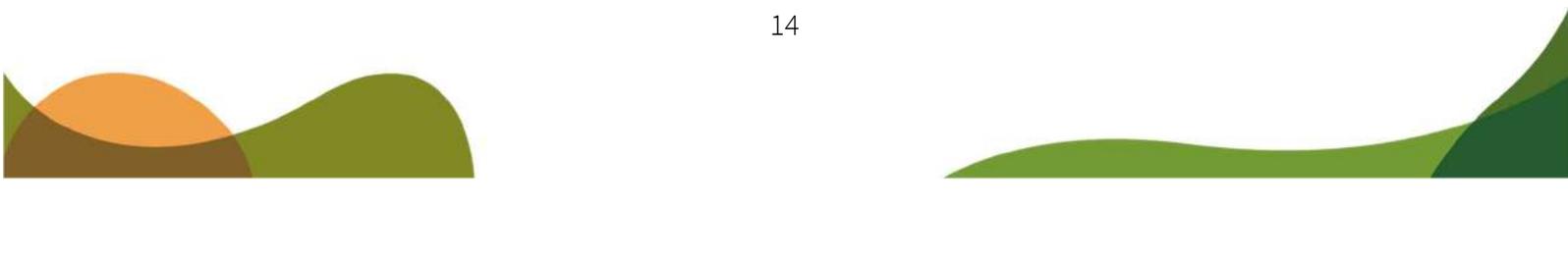


gráfico de las variables de mayor relevancia. Respecto a el caño el Mocho, si bien se encuentra en la estrategia regional y es receptor de vertimientos, no se contó con información para su análisis, por lo que no se incluye en ese documento, sin embargo, será incluido en posteriores actualizaciones de este.

En la Tabla 7, se relacionan el número de puntos de monitoreo por año y por cuerpo de agua, así como el número de datos que se consideraron en análisis. En total se analizó información en 134 puntos y un total de 36121 datos.

Tabla 7. Descripción de los tramos objeto de análisis y la información disponible en cada uno

Tramo	Año	No. Puntos por año	No. Datos por año*	Total de Puntos por cuerpo de agua	Total de datos por cuerpo de agua*
Arroyo Paraluz	2020	8	1063	16	6078
	2021	8	1293		
	2022	7	1738		
	2023	10	1984		
Arroyo Garrapata	2020	2	156	2	1268
	2021	2	406		
	2022	1	325		
	2023	1	381		
Ciénaga Mata de Palma	2020	2	286	7	1452
	2021	2	281		
	2022	7	500		
	2023	5	385		
Arroyo San Antonio	2020	17	1788	23	4482
	2021	6	2367		
	2022	6	327		
Arroyo Caimancito	2020	8	439	16	2104
	2021	2	365		
	2022	10	840		
	2023	12	460		
Ciénaga la Panchita	2020	3	72	4	88
	2023	1	16		
Arroyo las Ánimas	2020	3	43	5	94
	2022	2	51		
Arroyo Platanal – El Zorro	2020	19	324	22	421
	2022	5	97		
Río Calenturitas	2020	3	344	20	3520
	2021	6	911		
	2022	16	1636		
	2023	12	629		
Caño Canime	2020	2	911	5	6759
	2021	3	2015		

Tramo	Año	No. Puntos por año	No. Datos por año*	Total de Puntos por cuerpo de agua	Total de datos por cuerpo de agua*
	2022	5	1922		
	2023	3	1911		
Río Tucuy	2020	6	1393	6	4324
	2021	3	949		
	2022	3	1021		
	2023	3	961		
Caño Santiago - Río Sororia	2022	4	83	4	83
Caño Santa Cruz	2020	2	1329	4	5448
	2021	2	1338		
	2022	4	1411		
	2023	2	1370		

*Corresponde al número total de muestras consideradas; sin embargo, en todas no se reporta el total de parámetros.

Fuente: ANLA, 2024.

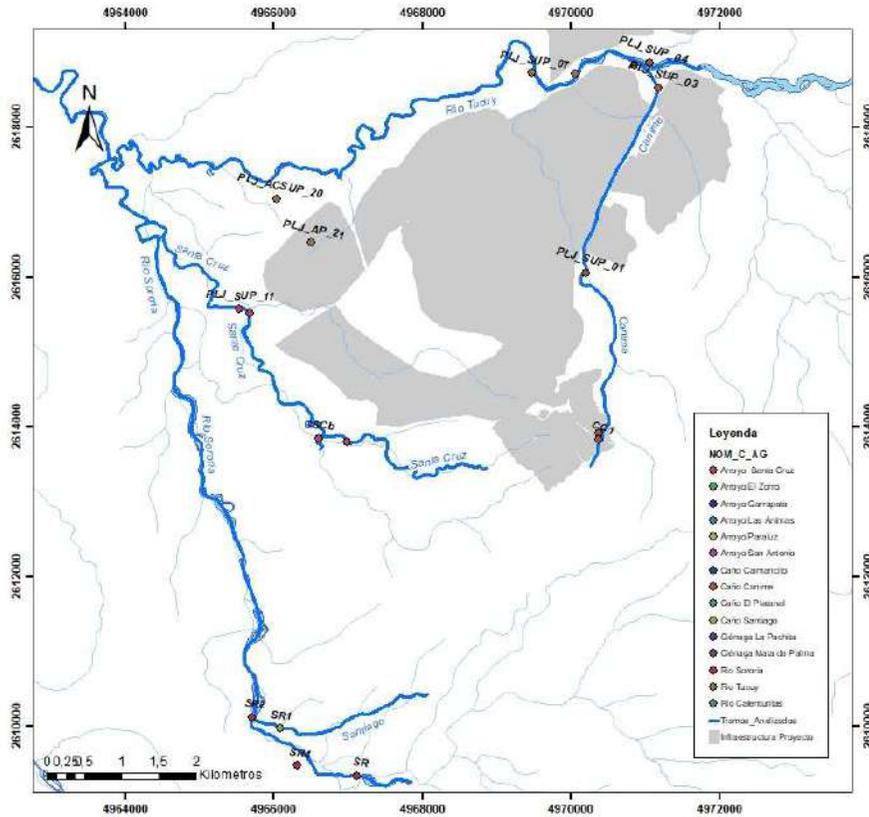
Como referencia de su localización, en las siguientes figuras (Figura 7 a la Figura 10) se muestra un detalle de la localización de los puntos de monitoreo utilizados en el análisis, con sus identificadores (ID_PUNTO_M), de acuerdo con lo reportado en los ICA y según se mostrará en las gráficas y análisis del presente documento. Para el expediente LAM1862 fue necesario reasignar una nomenclatura debido a que en los diferentes ICA se reportó nomenclaturas diferentes para las mismas coordenadas.

3.2 Parámetros considerados en el análisis

Para el análisis se tuvo en cuenta los parámetros establecidos en la estrategia de monitoreo regional para cuerpos de agua receptores de vertimiento los cuales se indican en la Tabla 4, sin embargo, no en todos los cuerpos de agua, ni en todos los años, se contó con la información de todos los parámetros analizados.

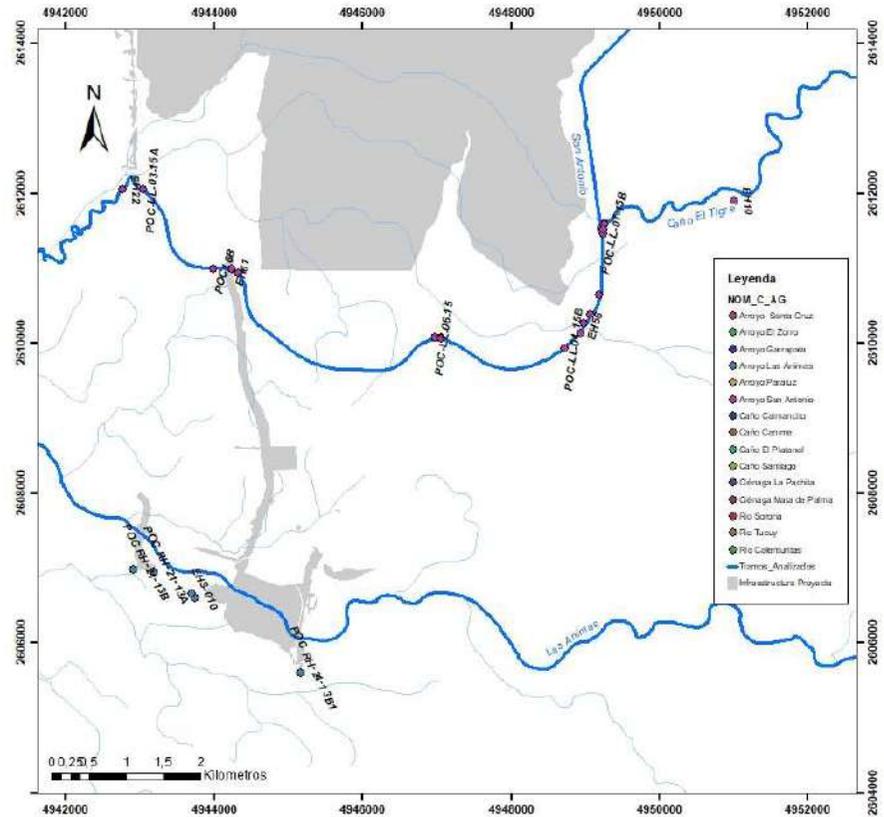


Figura 7 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (Santiago-Sorria, Santa Cruz, Canime, Tucuy)



Fuente: ANLA, 2024.

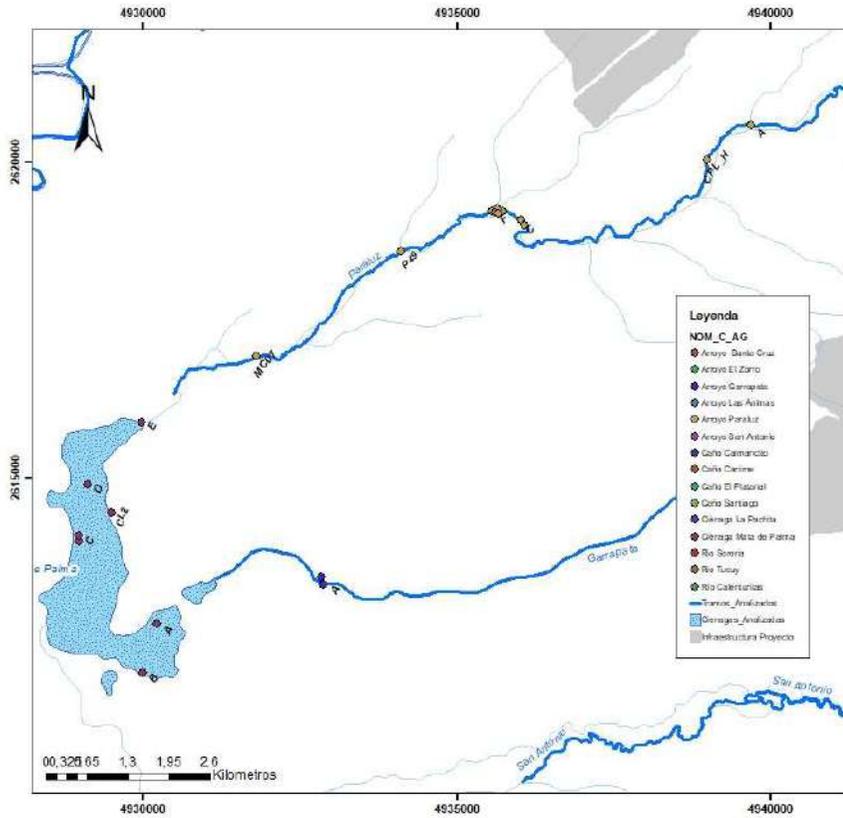
Figura 8 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (El tigre-San Antonio y Las Ánimas)



Fuente: ANLA, 2024.

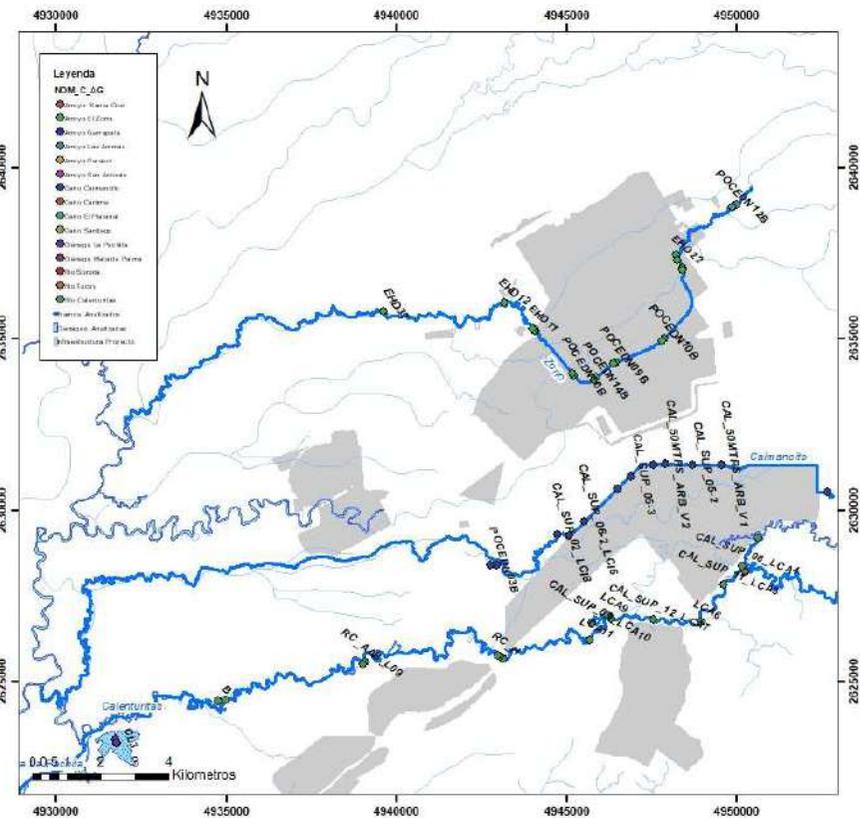


Figura 9 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (Paraluz, Garrapata y Ciénaga Mata de Palma)



Fuente: ANLA, 2024.

Figura 10 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (Platanal - Zorro, Caimancito, Calenturitas y Ciénaga La Panchita)



Fuente: ANLA, 2024.



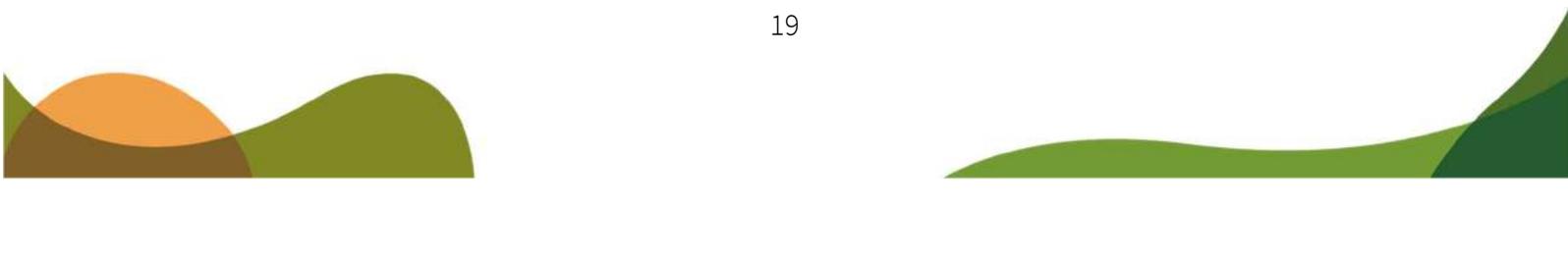
3.3 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis

Mediante la Resolución 1418 del 30 de octubre de 2018 (por la cual se establece los objetivos de calidad de corto, mediano y largo plazo para los cuerpos de aguas superficiales de la jurisdicción de CORPOCESAR para el periodo 2019 – 2029), específicamente en el Artículo Tercero - Tramo 3, se establecen objetivos de calidad para tramos genéricos de cuerpos de agua receptores de vertimientos mineros en el área de su jurisdicción, según se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8. Límites establecidos en los objetivos de calidad por CORPOCESAR

PARÁMETRO	Objetivo de calidad Mediano Plazo (5 años) - Largo Plazo (10 años)
Valor de pH	6-9
Arsénico en mg/L	0,1
Cadmio en mg/L	0,01
Cobre en mg/L	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	2000
Cromo en mg/L	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	<10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	<30
Fluoruros en mg/L	1
Grasas y Aceites en mg/L	<10
Hierro en mg/L	5
Níquel en mg/L	0,2
Nitratos en mg/L	<10
Nitritos en mg/L	<0,1
Oxígeno Disuelto en mg/L	>6
Plomo en mg/L	5
Sólidos suspendidos totales en mg/L	<50
Zinc en mg/L	2
Sólidos flotantes	Ausentes
Olores ofensivos	Ausentes
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	<0,5
Fosfatos	<1
Sustancias tóxicas	Ausentes
Aluminio	5
Berilio	0,1
Cobalto	0,05
Litio	2,5
Manganeso	0,2
Molibdeno	0,01
Selenio	0,02
Vanadio	0,1

Fuente: CORPOCESAR, 2018 - Artículo Tercero tramo 3 Resolución 1418 del 30 de octubre de 2018.



Con excepción de los parámetros resaltados en gris, los demás parámetros fueron analizados para cada uno de los 12 tramos objeto de análisis con el fin de verificar su cumplimiento en el periodo 2020 a 2023 (mediano y largo plazo), como se muestra a continuación.

3.4 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.

Para la estimación de la tendencia de los parámetros de calidad del agua se implementó la prueba no paramétrica de Mann-Kendall, la cual consiste en una prueba estadística que permite llevar a cabo análisis de tendencias de los datos analizados que arroja resultados asociados con:

- Datos con tendencia creciente: se refiere a un aumento progresivo y sostenido del parámetro analizado en el tiempo
- Datos con tendencia decreciente: se refiere a una disminución progresiva y sostenida del parámetro analizado en el tiempo.
- Datos sin tendencia: se refiere a un comportamiento normal o permanente del dato analizado.

Se calculó además el valor Z de cada parámetro y se comparó con los valores Z críticos de la distribución normal al 90% y 95% para los niveles de confianza de dos colas (-/+ 2,1) ya que este valor define si hay o no tendencia en el parámetro.

Previo a la aplicación de la prueba antes mencionada y con el fin de identificar los puntos que contaban con información de variabilidad espacial y temporal suficiente para aplicar la prueba estadística, se realizó una revisión, análisis y depuración de los datos de calidad de agua de los expedientes y parámetros que cuentan con la misma. En cada caso se indica si se observa alguna tendencia. El detalle de este análisis se presenta en el Anexo 4.

3.4.1 Río Calenturitas

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 10. El río Calenturitas recibe las aguas de los ríos Maracas y Tucuy, este último tiene influencia de actividades minera en la parte alta. Adicionalmente el río Calenturitas recibe

vertimientos mineros de 3 expedientes y descarga sus aguas al río Cesar. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.

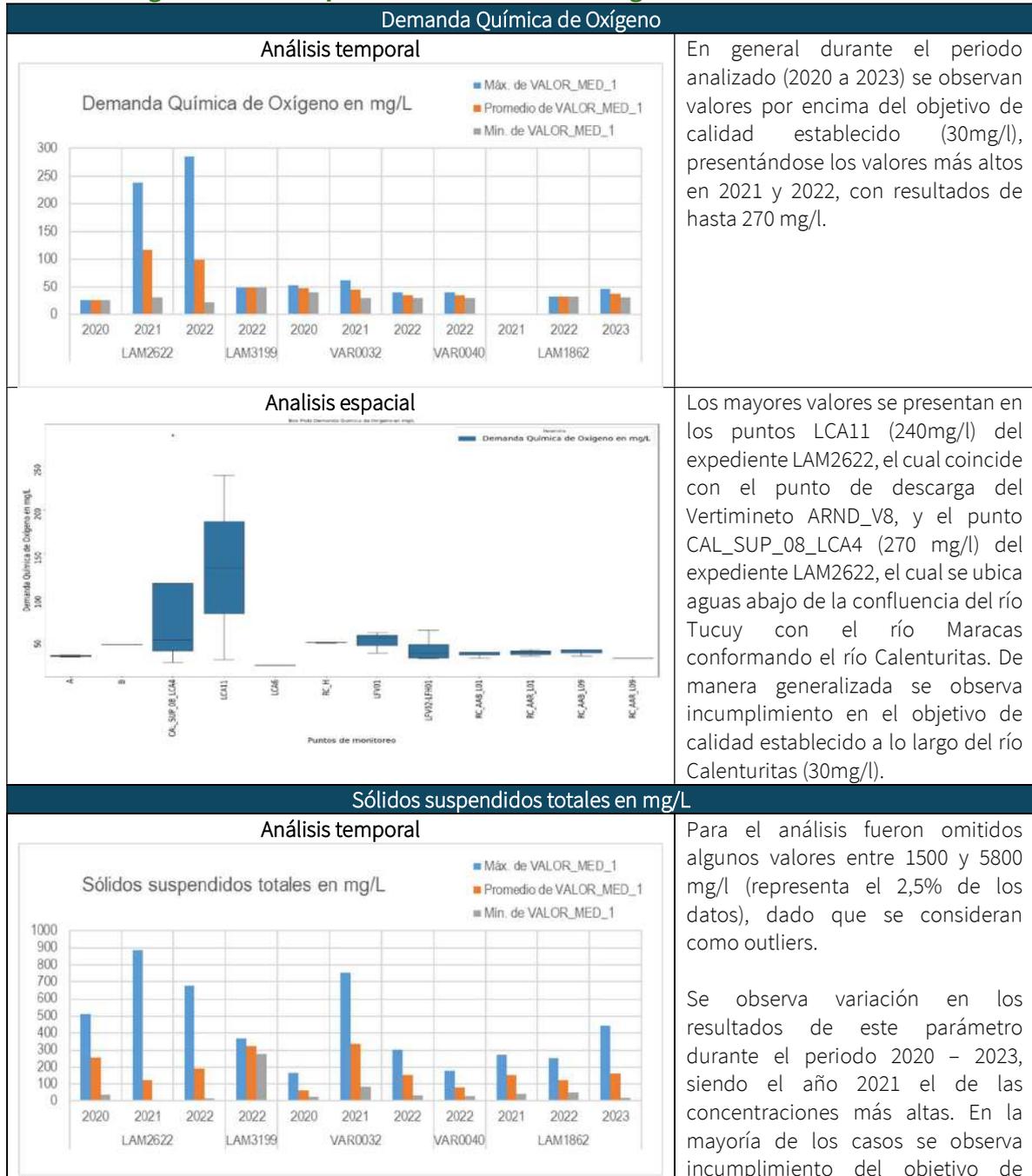
Tabla 9. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del río Calenturitas

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	10,750	34,440	19,340	5,986	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	16,280	237,000	119,748	44,411	ND
Arsénico en mg/L	0,001	0,006	0,003	0,002	0,1
Cadmio en mg/L	0,002	0,002	0,002		0,01
Carbono Orgánico Total en mg/L	2,030	9,890	3,760	1,590	ND
Cianuro en mg/L	0,010	0,010	0,010	0,000	ND
Cloruros en mg/L	2,010	17,890	4,680	2,930	ND
Cobre en mg/L	0,024	0,191	0,078	0,061	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	1,000	92000,000	5162,050	20452,717	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	1,000	92000,000	8553,773	20074,583	2000
Conductividad en μ S/cm	76,000	789,000	412,000	187,070	ND
Cromo en mg/L	0,008	0,100	0,033	0,028	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,030	152,000	9,115	17,271	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	22,600	285,000	53,752	57,822	30
Fenoles en mg/L	0,016	0,016	0,016		ND
Fluoruros en mg/L	0,020	2,380	0,209	0,245	1
Fósforo Total en mg/L	0,041	1,390	0,293	0,256	ND
Grasas y Aceites en mg/L	0,170	7,000	2,130	2,020	10
Hidrocarburos Totales en mg/L	0,316	0,436	0,376	0,085	ND
Hierro en mg/L	0,029	17,530	3,010	3,740	5
Nitratos en mg/L	0,201	1,800	0,544	0,282	10
Nitritos en mg/L	0,005	1,610	0,055	0,198	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0,200	5,340	1,273	0,790	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	0,480	23,800	3,277	4,266	ND
Ortofosfatos en mg/L	0,036	0,508	0,140	0,091	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	2,780	8,510	6,526	1,111	6
Plomo en mg/L	0,100	0,100	0,100		5
Sólidos Disueltos en mg/L	5,360	914,000	305,283	173,385	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	20,000	0,761	2,461	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,600	887,000	166,487	172,330	50
Sólidos Totales en mg/L	44,000	6100,000	616,197	742,448	ND
Sulfatos en mg/L	7,800	1666,000	190,860	289,660	ND
Sulfuros mg/L	0,200	4,110	1,400	1,216	ND
Temperatura en °C	9,600	33,800	28,964	2,548	ND
Turbidez en NTU	5,840	950,000	155,000	181,430	ND
Valor de pH	6,400	8,450	7,449	0,837	6-9

Fuente: ANLA, 2024.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, fluoruros, hierro, nitritos, en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes (totales y fecales), DQO y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios por lo que se analiza en detalle a continuación.

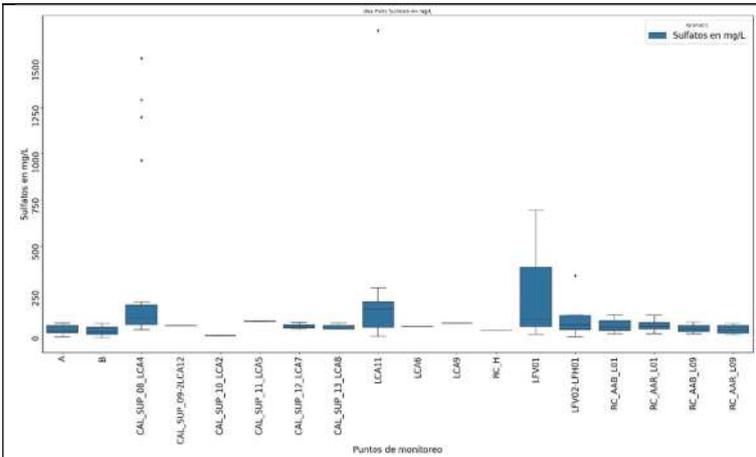
Figura 11 Análisis parámetros de calidad del agua del río Calenturitas





	<p>calidad establecido (50 mg/l), con fluctuación de los resultados entre 5 y 887 mg/l;</p>
<p style="text-align: center;">Análisis espacial</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son LCA11 del expediente LAM2622, el cual coincide con el punto de descarga del Vertimineto ARND_V8, el punto CAL_SUP_08_LCA4 del expediente LAM2622, el cual se ubica aguas abajo de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas, el punto LFW02-LFH02 del expediente VAR0032, el cual se ubica aguas abajo del vertimineto LF-V-ARM1 sobre el caño Bautista que es afluente al río Calenturitas, y el punto B del expediente LAM1862, el cual se ha clasificado como un punto para seguimiento a cuerpos receptores de vertimineto en la estrategia de monitoreo regional, puntos que presentan concentraciones superiores a 400mg/l, indicativo de resultados en el rango alto según las clasificaciones de CONAGUA y Ramirez Viña (1998)</p>
Sulfatos	
<p style="text-align: center;">Análisis temporal</p>	<p>Para el análisis fueron omitidos algunos valores entre 93000 y 11000 mg/l, (corresponde al 3,3% de los datos) dado que se consideran como outliers.</p> <p>Los valores más altos se presentan en los años 2021 y 2020, con resultados de hasta 1666 mg/l, y promedio de 190 mg/l</p>
<p style="text-align: center;">Análisis espacial</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son LCA11 (1666 mg/l) del expediente LAM2622, el cual coincide con el punto de descarga del Vertimineto ARND_V8 ,el punto CAL_SUP_08_LCA4 (1517 mg/l) del expediente LAM2622, , el cual se ubica aguas abajo de la</p>





confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas, y el punto LFV01 (698 mg/l) del expediente VAR0032, el cual se ubica aguas abajo del vertimineto LF-V-ARM1 sobre el caño Bautista que es afluente al río Calenturitas. Los resultados se encuentran en el rango alto (> 100 mg/l) según la clasificación de Tarradellas (2006).

Conductividad

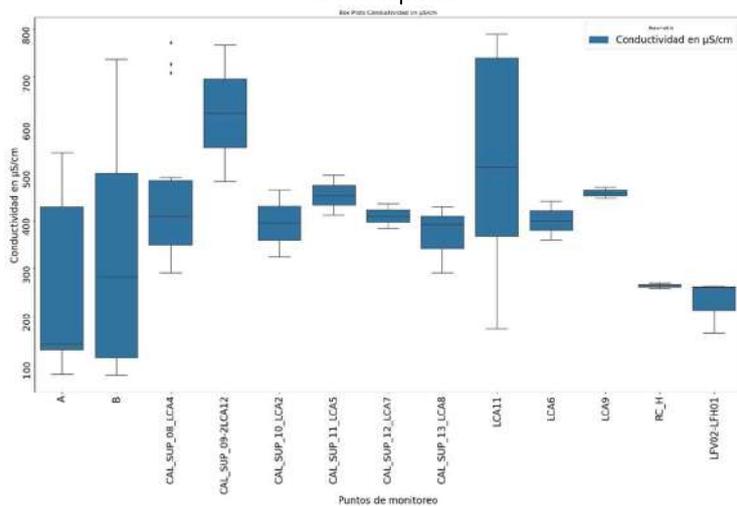
Análisis temporal



Para el análisis fueron omitidos algunos valores entre 1200 y 3300 µS/cm, (lo cual representa el 14% de los datos) dado que se consideran como outliers.

Los valores más altos se presentan en los años 2020 a 2022 con resultados de hasta 789 µS/cm, lo cual corresponde a un nivel de mineralización importante. El promedio es 412 µS/cm, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores >200 µS/cm se ubican en el rango alto según esta clasificación.

Análisis espacial



Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son LCA11 (789 µS/cm) del expediente LAM2622, el cual coincide con el punto de descarga del Vertimineto ARND_V8, el punto CAL_SUP_08_LCA4 (772 µS/cm) del expediente LAM2622, el cual se ubica aguas abajo de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas, el punto CAL_SUP_09-2LCA12 (767 µS/cm) del expediente LAM2622, el cual se ubica aguas arriba del vertimineto LF-V-ARM1 sobre el caño Bautista que es afluente al río Calenturitas, y el punto B (736 µS/cm) del expediente LAM1862, el cual se ha clasificado como un punto para seguimiento a cuerpos receptores de vertimineto en la estrategia de monitoreo regional. Lo anterior implica que las





	conductividades altas se presentan en toda la extensión del río Calenturitas.
--	---

Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el pH (6.4 – 8.5) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO5 (152 mg/l) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, sin embargo, a nivel promedio (9mg/l) se mantiene en cumplimiento al objetivo establecido (10mg/l); el oxígeno disuelto ha presenta incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en algunos puntos, sin embargo, el promedio de 6,6 presenta cumplimiento del objetivo; el promedio de alcalinidad (118mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos en literatura técnica (Roldan y Ramírez, 2008)

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 2mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitritos (1,6 mg/l) presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l).

En cuanto a otros iones, se presenta incumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (1mg/l) en sus valores máximos (2,3 mg/l); respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (17,58 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l). Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.4.2 Río Tucuy

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. El río Tucuy recibe en la parte alta al caño Canime y al Río Sororia, ambos receptores de vertimientos mineros de los expedientes LAM1203 y LAM3831, y entrega sus aguas al Río Calenturitas. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.

Tabla 10. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del río Tucuy

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	10,0000	28,0000	19,0000	12,7279	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	72,9000	260,0000	130,7663	30,7339	ND
Arsénico en mg/L	0,0020	0,0071	0,0039	0,0022	0,1





Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Cadmio en mg/L	0,0025	0,0025	0,0025		0,01
Carbono Orgánico Total en mg/L	2,1300	37,8000	8,0117	9,6385	ND
Cianuro en mg/L	0,0100	3,3800	2,2642	1,0225	ND
Cloruros en mg/L	2,0000	62,6000	4,8378	8,9588	ND
Cobre en mg/L	0,1000	0,1737	0,1376	0,0360	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	9,3000	35000,0	4141,1383	7414,6321	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	20,0000	1732900,0	41741,9167	222668,5065	2000
Conductividad en μ S/cm	120,000 0	996,0000	451,0000	175,3500	ND
Cromo en mg/L	0,0100	0,0100	0,0100		0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,0400	40,5900	6,1100	7,8000	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	20,00	228,00	89,2300	91,2900	30
Fenoles en mg/L	0,0570	0,1500	0,1035	0,0658	ND
Fluoruros en mg/L	0,1000	1,2990	0,2310	0,1839	1
Fósforo Total en mg/L	0,0520	1,3500	0,4170	0,4506	ND
Grasas y Aceites en mg/L	0,5000	6,3700	3,7800	1,9700	10
Hidrocarburos Totales en mg/L	0,5000	5,1700	2,4223	2,1314	ND
Hierro en mg/L	0,1081	27,4900	2,7300	5,4100	5
Nitratos en mg/L	0,2110	1,7200	0,5732	0,3705	10
Nitritos en mg/L	0,0060	0,4510	0,0397	0,0716	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0,2100	0,7600	0,4400	0,2100	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	2,1900	47,0000	13,0833	17,3138	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	4,2000	10,1700	7,8967	0,8446	6
Plomo en mg/L	0,0100	0,0100	0,0100		5
Sólidos Disueltos en mg/L	141,000 0	1320,0000	354,7407	233,8827	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,1000	30,0000	2,5625	6,6487	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,1000	874,0000	133,4600	229,0000	50
Sólidos Totales en mg/L	165,000 0	7920,0000	598,0000	951,9762	ND
Sulfatos en mg/L	12,7000	1651,0000	176,0378	279,6390	ND
Sulfuros mg/L	1,0000	3,0000	2,0000	1,4142	ND
Temperatura en °C	24,5000	36,7000	29,0084	2,1515	ND
Turbidez en NTU	0,5500	4000,0000	200,2262	657,6235	ND
Valor de pH	7,1900	8,7700	8,1464	0,3087	6-9

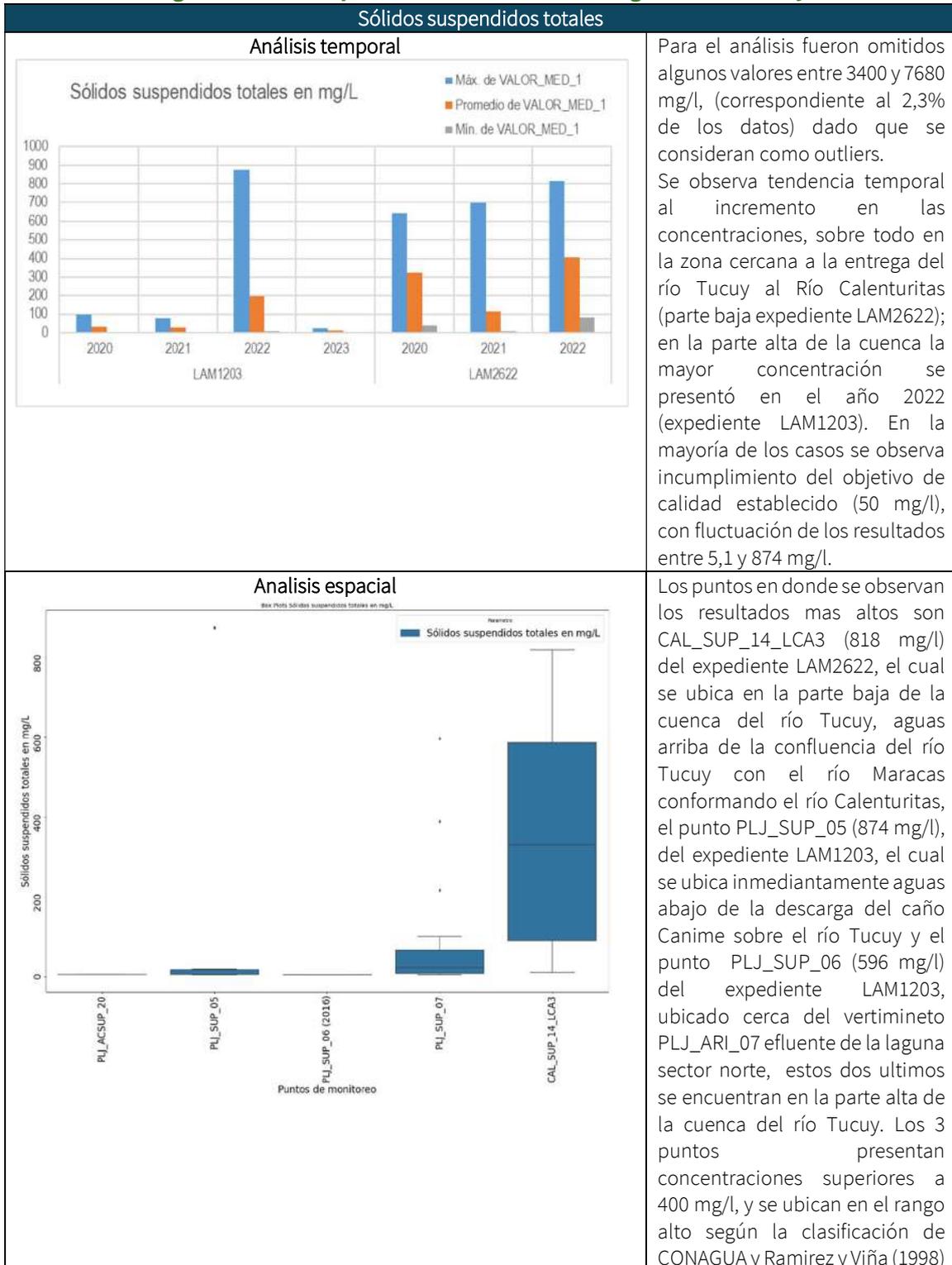
Fuente: ANLA, 2024.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, fluoruros, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales, DQO y Sólidos suspendidos totales se observa



incumplimiento también a nivel de los promedios por lo que se analiza en detalle a continuación.

Figura 12 Análisis parámetros de calidad del agua del río Tucuy



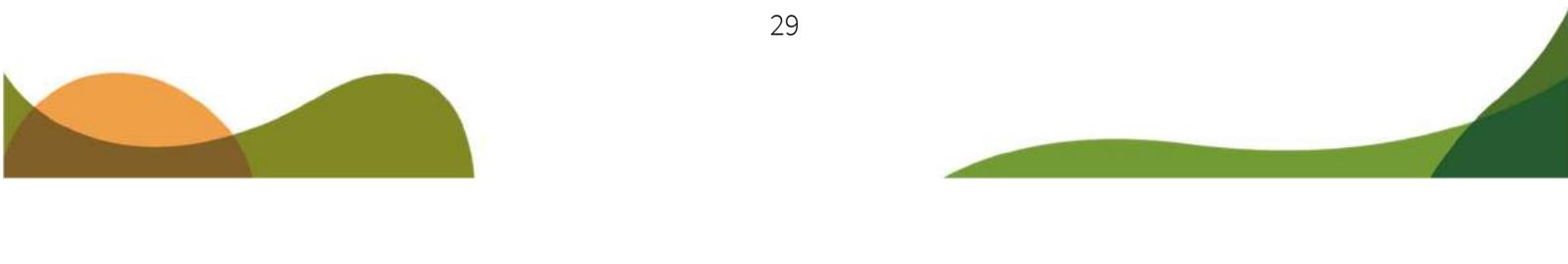


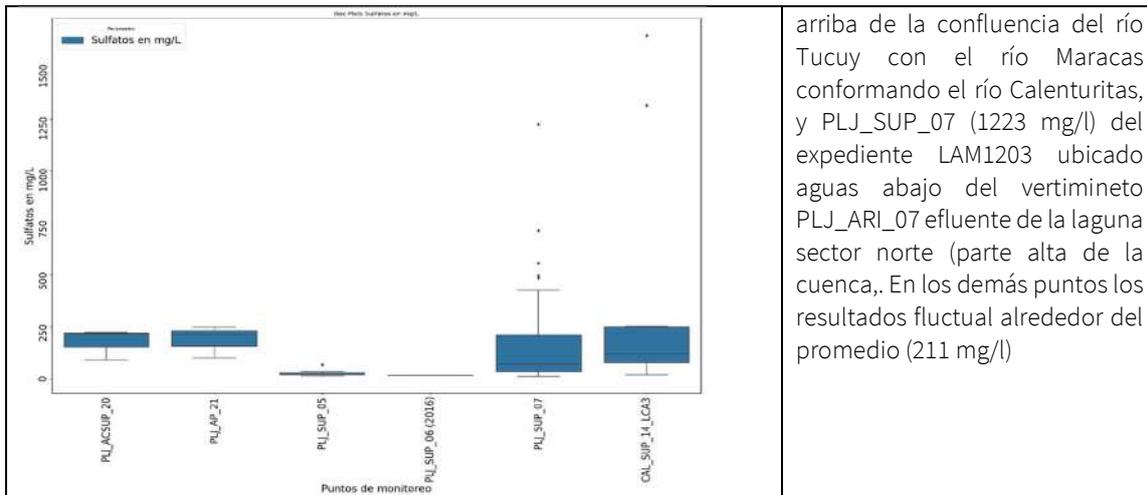
Demanda Química de Oxígeno	
<p style="text-align: center;">Análisis temporal</p> <p style="text-align: center;">Demanda Química de Oxígeno en mg/L</p> <p style="text-align: center;">LAM1203 LAM2622</p>	<p>Para el análisis se omitió un valor de 1429 mg/l, el cual representa 1,4% de los datos disponibles, debido a que se considera como outlier.</p> <p>Durante el periodo analizado (2020 a 2023) se observan valores por encima del objetivo de calidad establecido (30mg/l), presentándose los valores más altos en el año 2020 (cuenca alta expediente LAM1203) y en 2022 (parte baja expediente LAM2622), con resultados de hasta 228 mg/l.</p>
<p style="text-align: center;">Analisis espacial</p> <p style="text-align: center;">Demanda Química de Oxígeno en mg/L</p> <p style="text-align: center;">Puntos de monitoreo</p>	<p>Los mayores valores se presentan en los puntos CAL_SUP_14_LCA3 (228 mg/l) del expediente LAM2622, el cual se ubica en la parte baja de la cuenca del río Tucuy, aguas arriba de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas y el punto PLJ_SUP_07 (208 mg/l) del expediente LAM1203 ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_07 efluente de la laguna sector norte (parte alta de la cuenca). En ambos puntos se observa incumplimiento en el objetivo de calidad establecido para el río Tucuy (30mg/l). Es importante tener presente que en los demás puntos de monitoreo sobre el río Tucuy, los resultados fueron inferiores al límite de cuantificación utilizado por el laboratorio (20 mg/l), el cual permite verificar el cumplimiento del objetivo de calidad establecido.</p>
Conductividad	
<p style="text-align: center;">Análisis temporal</p>	<p>Para el análisis fueron omitidos algunos valores entre 1138 y 3400 μS/cm (correspondiente al 12% de los datos disponibles), dado que se consideran como outliers. Se observan valores máximos entre 524 y hasta 996 μS/cm, lo</p>





<p>Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$</p> <p>Legend: Máx. de VALOR_MED_1 (blue), Promedio de VALOR_MED_1 (orange), Min. de VALOR_MED_1 (grey)</p>	<p>cual corresponde a un nivel de mineralización importante. El promedio es $451 \mu\text{S}/\text{cm}$, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ se ubican en el rango alto según esta clasificación.</p>
<p>Análisis espacial</p> <p>Y-axis: Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (300 to 1000)</p> <p>X-axis: Puntos de monitoreo</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son CAL_SUP_14_LCA3 ($798 \mu\text{S}/\text{cm}$) del expediente LAM2266, el cual se ubica en la parte baja de la cuenca del río Tucuy, aguas arriba de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas, , y PLJ_SUP_07 ($996 \mu\text{S}/\text{cm}$) del expediente LAM1203 ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_07 efluente de la laguna sector norte (parte alta de la cuenca). En general se observan conductividades altas sobre el río Tucuy.</p>
Sulfatos	
<p>Análisis temporal</p> <p>Sulfatos en mg/L</p> <p>Legend: Máx. de VALOR_MED_1 (blue), Promedio de VALOR_MED_1 (orange), Min. de VALOR_MED_1 (grey)</p>	<p>Los valores más altos se presentan en los años 2021 (parte baja de la cuenca del río Tucuy expediente LAM2622) y en 2020 (parte alta expediente LAM1203), con resultados de hasta $1651 \text{ mg}/\text{l}$, y promedio de $211 \text{ mg}/\text{l}$, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores $>100 \text{ mg}/\text{l}$ se ubican en el rango alto según esta clasificación.</p>
<p>Análisis espacial</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son CAL_SUP_14_LCA3 ($1651 \text{ mg}/\text{l}$) del expediente LAM2266 el cual se ubica en la parte baja de la cuenca del río Tucuy, aguas</p>





arriba de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas conformando el río Calenturitas, y PLJ_SUP_07 (1223 mg/l) del expediente LAM1203 ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_07 efluente de la laguna sector norte (parte alta de la cuenca,. En los demás puntos los resultados fluctua alrededor del promedio (211 mg/l)

Fuente: ANLA, 2024.

Adicional a lo anterior, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el pH (6,65– 8,77 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (40,59 mg/l) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, sin embargo, a nivel promedio (6,11mg/l) se mantiene en cumplimiento al objetivo establecido (10mg/l); el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en el valor mínimo del punto más aguas abajo sobre el río Tucuy (expediente LAM2622), y cumplimiento en los demás puntos; el promedio de alcalinidad (128,85 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles) estando en la mayoría de los casos por debajo del límite de cuantificación del laboratorio; en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia con fósforo total > 0,02 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987) y no se cuenta con resultados para ortofosfatos; en cuanto a los compuestos de nitrógeno los valores máximos son <2 mg/l para nitratos y <1 mg/l para nitritos y nitrógeno amoniacal, el valor máximo de nitritos (0,45 mg/l) presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l).

En cuanto a otros iones, se presenta incumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (1mg/l) en sus valores máximos (1,3 mg/l), los cloruros presentan en general valores menores a 8 mg/l, mientras que los sulfuros y cianuros valores por debajo del límite de detección en su mayoría; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (entre 13,58 y 27,49 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l), no obstante los promedios si presentan cumplimiento del objetivo. Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos a nivel de máximos, y a nivel de promedios para el caso de los totales.



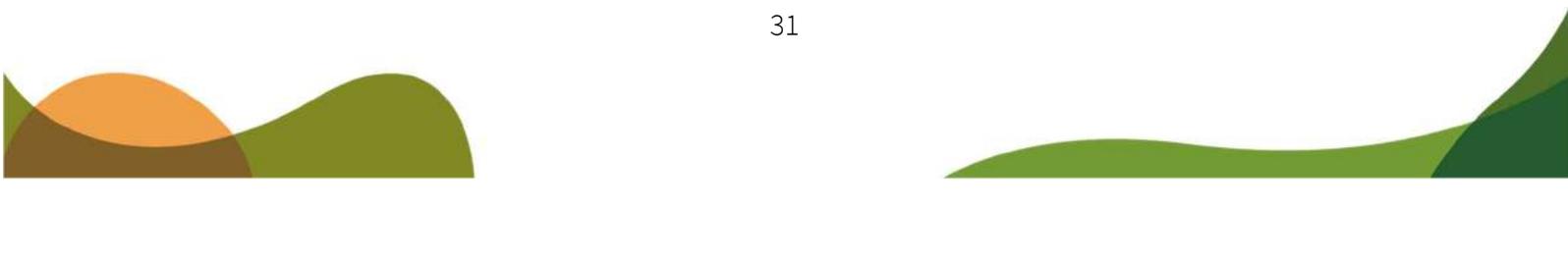
3.4.3 Caño Canime

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. El caño Canime o canal Canime descarga sus aguas en el río Tucuy en la parte alta de la cuenca, y recibe vertimientos mineros por parte de los expedientes LAM3831 y LAM1203. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.

Tabla 11. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad caño Canime

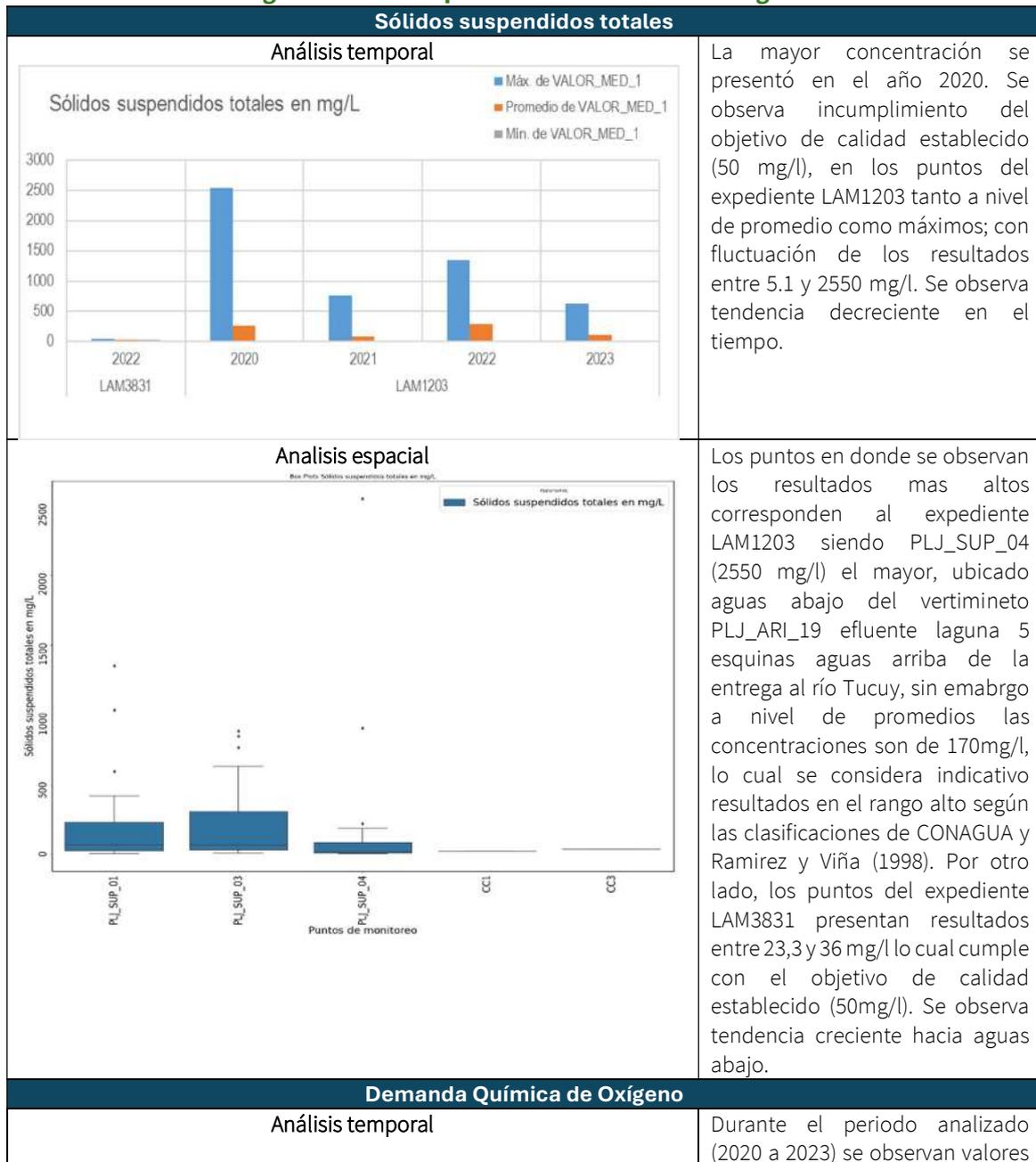
Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	10	34,9	16,34706	6,354242	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	22,3	323	163,0545	62,76107	ND
Arsénico en mg/L	0,002	0,002	0,002	0	0,1
Cadmio en mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0	0,01
Cianuro en mg/L	0,01	5,25	2,298824	1,334939	ND
Cloruros en mg/L	2	5,42	2,935143	0,815978	ND
Cobre en mg/L	0,1	0,1812	0,1203	0,0406	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	4,5	160000	4514,561	16700,19	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	7,8	1732900	24301,46	171848	2000
Conductividad en µS/cm	155,3	3330	1305,602	956,3228	ND
Cromo en mg/L	0,01	0,01	0,01	0	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2	15,8	3,930882	3,176717	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	20	149	39,07778	41,59837	30
Fenoles en mg/L	0,058	0,15	0,118	0,044632	ND
Fluoruros en mg/L	0,1	0,704	0,251747	0,119737	1
Grasas y Aceites en mg/L	0,5	6,52	2,445	2,478283	10
Hidrocarburos Totales en mg/L	0,5	5,64	1,422714	1,874149	ND
Hierro en mg/L	0,1097	31,5522	2,484926	5,056004	5
Nitratos en mg/L	0,2	1,66	0,417536	0,244495	10
Nitritos en mg/L	0,006	0,131	0,028272	0,027484	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0,2	4,02	0,8795	1,156753	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	13,8	13,8	13,8		ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	4,77	10,66	7,749917	0,790437	6
Plomo en mg/L	0,01	0,01	0,01	0	5
Sólidos Disueltos en mg/L	70	3450	1119,455	928,8446	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,1	15	1,397561	3,298067	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5	2550	175,8137	351,4458	50
Sólidos Totales en mg/L	139	3465	1282,281	975,0026	ND
Sulfatos en mg/L	6,75	2438	728,7812	646,4074	ND
Sulfuros mg/L	1	4,37	1,684	1,501676	ND
Temperatura en °C	23,7	36,5	29,31901	2,37323	ND
Turbidez en NTU	0,6	4000	151,99	447,2073	ND
Valor de pH	7,26	8,85	8,071818	0,314187	6-9

Fuente: ANLA, 2024.



Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales, DQO y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios por lo que se analiza en detalle a continuación.

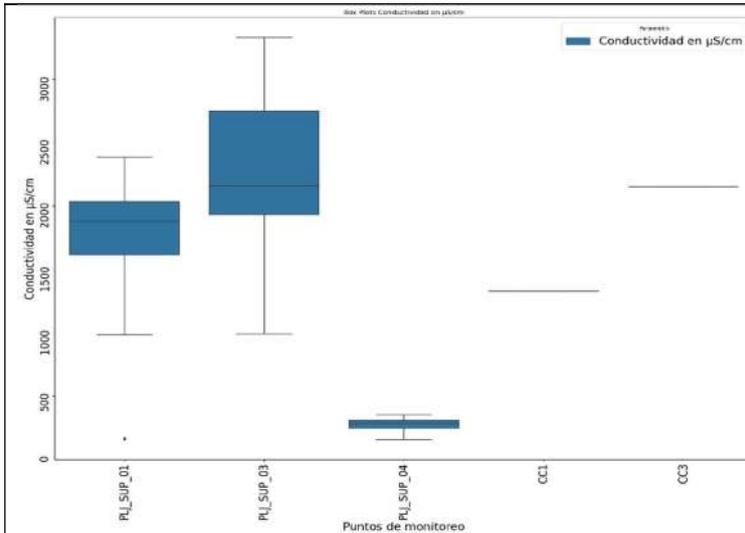
Figura 13 Análisis parámetros de calidad del agua





<p>Demanda Química de Oxígeno en mg/L</p> <p>2020 2021 2022 2023</p> <p>LAM1203</p>	<p>por encima del objetivo de calidad establecido (30mg/l), presentándose los valores más altos en el año 2020, con resultados de hasta 149 mg/l..</p>
<p>Análisis espacial</p> <p>Puntos de monitoreo</p>	<p>Los mayores valores se presentan en los puntos CAL_SUP_04 (149 mg/l) del expediente del expediente LAM1203, ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_19 efluente laguna 5 esquinas yaguas arriba de la entrega al río Tucuy, donde se observa incumplimiento en el objetivo de calidad establecido para el caño Canime (30mg/l) al igual que en valores máximos para los demás puntos, sin embargo la mayoría de resultados fueron inferiores al límite de cuantificación utilizado (20mg/l) el cual permite verificar el cumplimiento del objetivo. Se observa tendencia creciente hacia aguas abajo.</p>
<p>Conductividad</p>	
<p>Análisis temporal</p> <p>2022 2020 2021 2022 2023</p> <p>LAM3831 LAM1203</p>	<p>Para el periodo analizado 2020 - 2023 se observa que los mayores resultados corresponden al año 2023. Se observan valores máximos entre 2000 µS/cm y hasta 3300 µS/cm, lo cual corresponde a un nivel de mineralización elevada. El promedio es 1305 µS/cm, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores >200 µS/cm se ubican en el rango alto según esta clasificación.</p>
<p>Análisis espacial</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos PLJ_SUP_03 (3300 µS/cm) del</p>

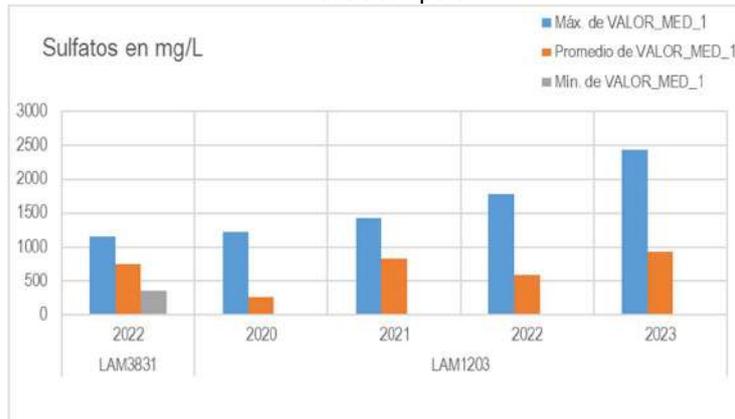




expediente LAM1203, ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_19 efluente laguna 5 esquinas, , mientras que las mas bajas corresponde al punto PLJ_SUP_04 (máximo 350 µS/cm), ubicado cerca aguas abajo del punto PLJ_SUP_03 y previo a la descarga del caño Canime al río Tucuy.

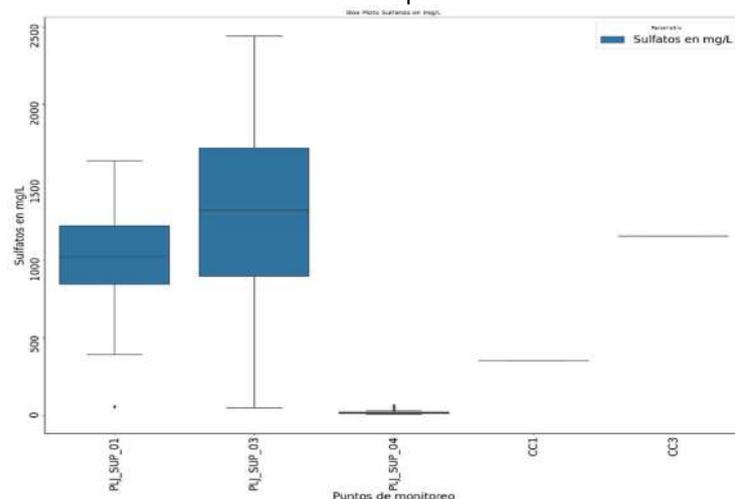
Sulfatos

Análisis temporal



Para el periodo analizado 2020 - 2023 se observa que los valores más altos se presentan en el año 2023 con resultados de hasta 2438 mg/l, y promedio de 729 mg/l, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores >100mg/l presenta resultados en el rango alto según esta clasificación. Se observa tendencia creciente en el tiempo.

Análisis espacial



Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son PLJ_SUP_03 (2438 mg/l) del expediente LAM1203, ubicado aguas abajo del vertimineto PLJ_ARI_19 efluente laguna 5 esquinas y las concentraciones mas bajas en el punto PLJ_SUP_04 (máximo 65,3 mg/l), ubicado cerca aguas abajo del punto PLJ_SUP_03 y previo a la descarga del caño Canime al río Tucuy. Se observa tendencia creciente hacia aguas abajo.

Fuente: ANLA, 2024.



Adicional a lo anterior, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el pH (7,26 – 8,85 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (15,8 mg/l) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, sin embargo, a nivel promedio (3,93 mg/l) se mantiene en cumplimiento al objetivo establecido (10mg/l); el oxígeno disuelto presenta incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en el valor mínimo del punto PLJ_SUP_01 del expediente LAM1201, ubicado aguas abajo del vertimiento CC sedimentador norte del expediente LAM3831 y cumplimiento en los demás puntos; el promedio de alcalinidad (163,5 mg/l) se mantiene por debajo de los niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles) estando en la mayoría de los casos por debajo del límite de cuantificación del laboratorio; no se cuenta con resultados de compuestos de fósforo; en cuanto a los compuestos de nitrógeno los valores máximos son <2 mg/l para nitratos, <0,2 mg/l para nitritos con máximo de 0,13 mg/l superando el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l) y 4,02 para nitrógeno amoniacal, lo cual implica condiciones de eutrofia (>2 mg/l según Vollenweider, 1968)

En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (1mg/l) con máximo de 0,7 mg/l), los cloruros y cianuros presentan en general valores menores a 6 mg/l, mientras que los sulfuros valores por debajo del límite de detección en su mayoría; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (entre 14 y 31,55 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l), no obstante los promedios (2,5 mg/l) si presentan cumplimiento del objetivo. Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos tanto a nivel máximos como a nivel de promedios para el caso de los totales.

3.4.4 Caño Santa Cruz

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. El caño Santa Cruz descarga sus aguas en el río Sororia, a su vez uno de sus afluentes en la parte baja es caño las Delicias el cual recibe vertimientos mineros por parte del expediente LAM1203, y en la parte alta tiene influencia además del expediente LAM3831. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.


Tabla 12. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad caño Santa Cruz

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	10	10	10	0	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	26,6	232	100,2371	29,19632	ND
Arsénico en mg/L	0,002	0,0025	0,00222	0,000217	0,1
Cadmio en mg/L	0,0025	0,0033	0,002775	0,000377	0,01
Cianuro en mg/L	0,01	2,67	0,868167	1,323492	ND
Cloruros en mg/L	2	10,4	4,187	2,744018	ND
Cobre en mg/L	0,1	0,1	0,1	0	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	3,7	35000	3077,733	5682,576	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	33	160000	8171,328	20386,48	2000
Conductividad en μ S/cm	163	2550	860,2165	560,7727	ND
Cromo en mg/L	0,01	0,01	0,01	0	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2	8,23	3,5504	1,876367	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	20	45	27,96667	10,02969	30
Fenoles en mg/L	0,054	0,229	0,117571	0,065813	ND
Grasas y Aceites en mg/L	0,5	4,49	1,988333	1,752432	10
Hidrocarburos Totales en mg/L	0,5	2,7	1,3775	1,076425	ND
Hierro en mg/L	0,1089	5,2152	0,71865	1,019273	5
Nitratos en mg/L	0,2	3,83	0,684568	0,693154	10
Nitritos en mg/L	0,006	0,708	0,05015	0,115021	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0,2	0,8	0,374846	0,185002	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	2,11	2,11	2,11		ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	4,42	7,86	7,000515	0,597651	6
Plomo en mg/L	0,01	0,01	0,01	0	5
Sólidos Disueltos en mg/L	124	17800	822,5258	1814,114	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,1	2	0,366667	0,493771	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,2	983	61,0925	143,3575	50
Sólidos Totales en mg/L	131	2330	705,0412	517,281	ND
Sulfatos en mg/L	15,1	1946	395,6916	392,1484	ND
Sulfuros mg/L	1	1,58	1,193333	0,334863	ND
Temperatura en °C	25	32,2	28,40515	1,544302	ND
Turbidez en NTU	0,55	1261	46,28032	148,7025	ND
Valor de pH	6,82	8,47	7,791649	0,267647	6-9

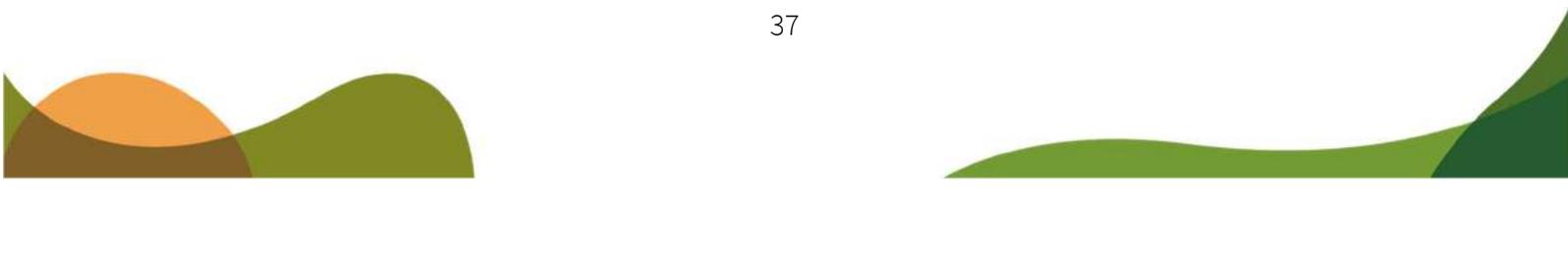
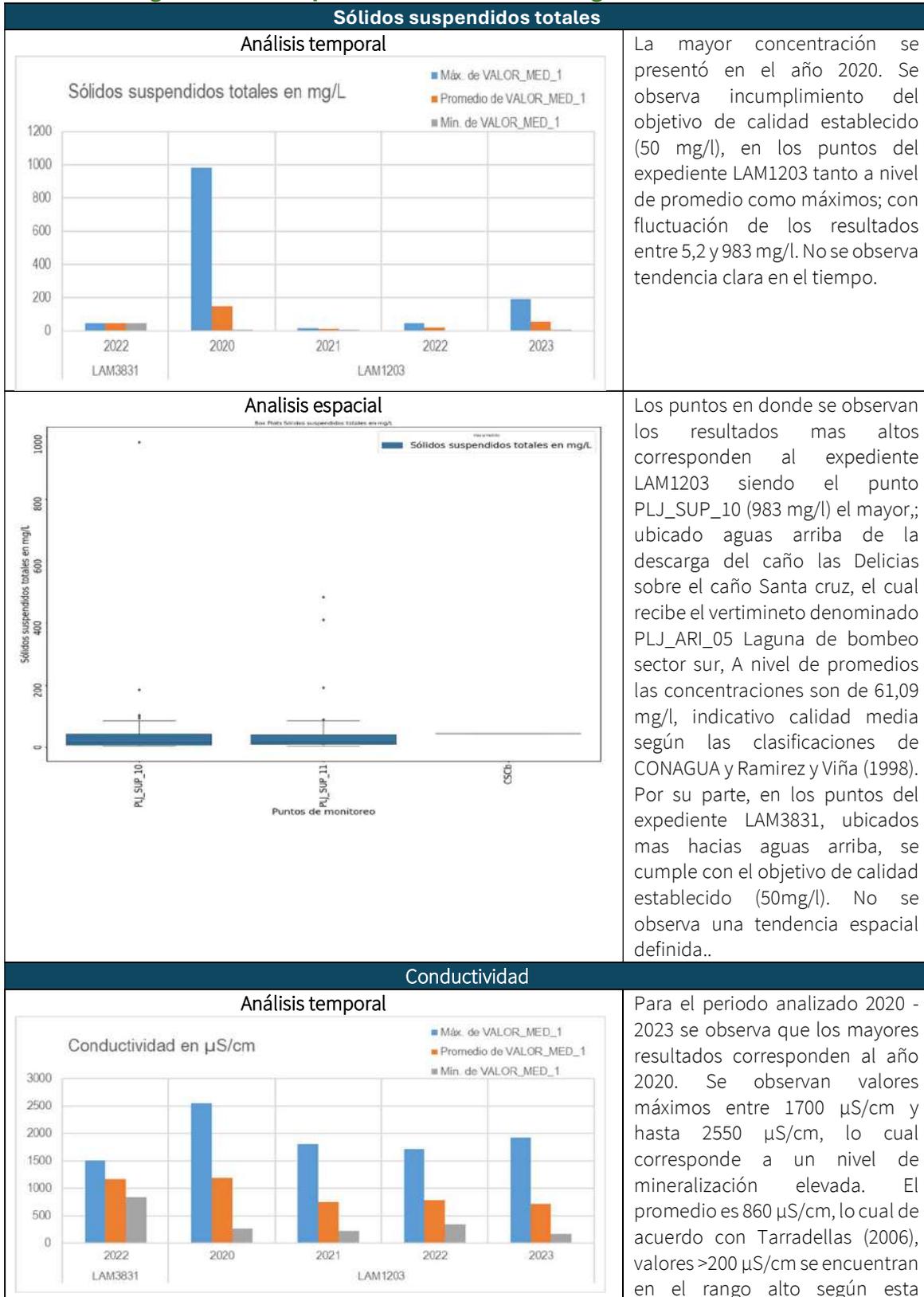
Fuente: ANLA, 2024.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DQO, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios por lo que se analiza en detalle a continuación.

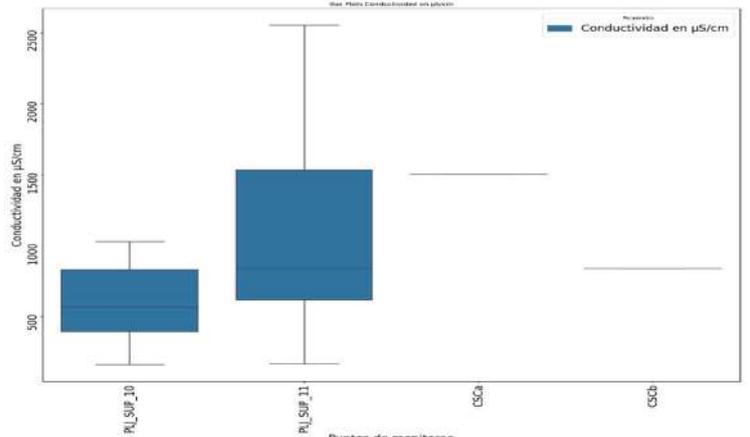
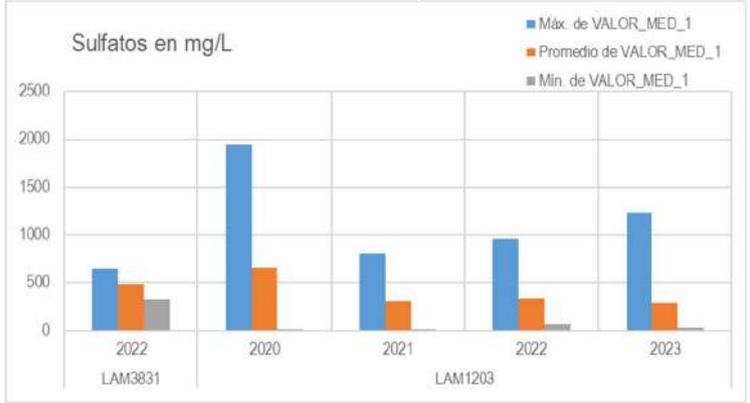
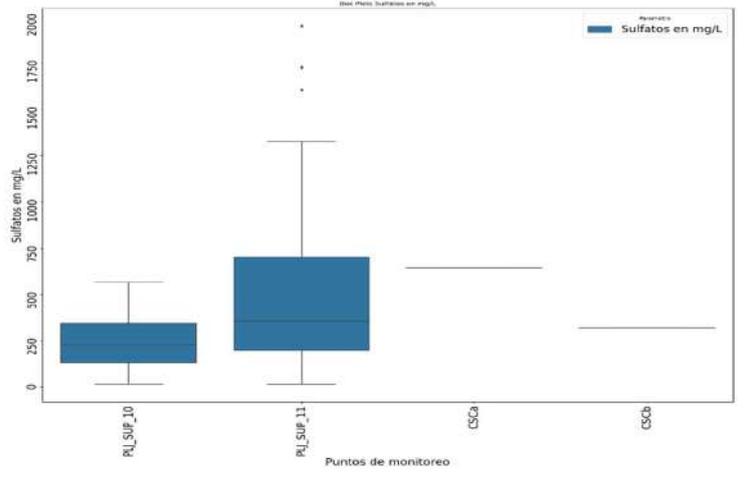




Figura 14 Análisis parámetros de calidad del agua caño Santa Cruz





	<p>clasificación. Se observa tendencia decreciente en el tiempo.</p>
<p style="text-align: center;">Análisis espacial</p>  <p style="text-align: center;">Puntos de monitoreo</p>	<p>El punto en donde se observan los resultados mas altos es PLJ_SUP_11 (2550 μS/cm) del expediente LAM1203, lo cual es coincidente con recepción de vertimientos mineros, mientras que la mas baja corresponde al punto PLJ_SUP_10 (promedio 601 μS/cm). No se observa tendencia espacial definida.</p>
Sulfatos	
<p style="text-align: center;">Análisis temporal</p>  <p style="text-align: center;">LAM3831 LAM1203</p>	<p>Los valores más altos se presentan en el año 2020 con resultados de hasta 1946 mg/l, y promedio de 395 mg/l, lo cual de acuerdo con Tarradellas (2006), valores >100mg/l presenta resultados en el rango alto según esta clasificación. No se observa tendencia definida en el tiempo.</p>
<p style="text-align: center;">Análisis espacial</p>  <p style="text-align: center;">Puntos de monitoreo</p>	<p>Los puntos en donde se observan los resultados mas altos son PLJ_SUP_11 (1946 mg/l) del expediente LAM1203, ubicado aguas arriba de la descarga del caño las Delicias sobre el caño Santa cruz, el cual recibe el vertimineto denominado PLJ_ARI_05 Laguna de bombeo sector sur, sin embargo, en este punto tambien se han registrado las concentraciones mas bajas (mínimo 15,6 mg/l). En los demás puntos se han registrado valores entre 250 y 650 mg/l. No se observa tendencia espacial definida.</p>

Fuente: ANLA, 2024.



Adicional a lo anterior, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el pH (6,82 – 8,47 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (8,23 mg/l) cumple objetivo establecido (10mg/l), el valor máximo de DQO (45mg/l) presenta incumplimiento del objetivo (30mg/l), sin embargo a nivel de promedios (27,96 mg/l) cumple; el oxígeno disuelto ha presenta incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en los puntos del expediente LAM3831 (los más hacia aguas arriba del caño Santa Cruz) y en valores mínimos de los puntos del expediente LAM1203, sin embargo a nivel promedios presenta cumplimiento en los puntos del expediente LAM1203; el promedio de alcalinidad (100,23 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles) estando en la mayoría de los casos por debajo del límite de cuantificación del laboratorio; no se cuenta con resultados de compuestos de fosforo; en cuanto a los compuestos de nitrógeno los valores máximos son <2 mg/l para nitratos (solo un resultado de 3,83mg/l), <0.1 mg/l para nitritos con un máximo de 0,7 mg/l que supera el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l), y promedio de 0,37 mg/l para nitrógeno amoniacal, lo cual no implica condiciones de eutrofia (>2 mg/l según Vollenweider, 1968)

En cuanto a otros iones, los cloruros presentan en general valores menores a 10 mg/l, mientras que los sulfuros y cianuros se mantienen por debajo del límite de detección en su mayoría; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos. Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos tanto a nivel máximos, y a nivel de promedios para el caso de los totales.

3.4.5 Caño Santiago - Río Sororia

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. El Río Sororia recibe las aguas del caño Santa Cruz en la parte baja, y del caño Santiago en la parte media, y entrega sus aguas al río Tucuy. Para este cuerpo de agua se cuenta con información de un solo monitoreo en el año 2022 en los 4 puntos ubicados en la parte media de la cuenca, aguas abajo del expediente LAM3831. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro con información disponible y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.

Tabla 13. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad caño Santiago - río Sororia

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	7,93	94,8	50,0575	46,79773	ND



Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Coliformes Fecales en NMP/100ml	68	1300	649,5	522,2142	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	170	2300	1717,5	1032,743	2000
Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$	30	277	132,75	121,6481	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,17	2,57	2,33	0,17282	10
Hierro en mg/L	0,2387	0,798	0,452075	0,249798	5
Nitritos en mg/L	0,05	0,066	0,055333	0,009238	0,1
Oxígeno Disuelto en mg/L	5,34	7,49	6,1975	0,919107	6
Sólidos Disueltos en mg/L	20	136	75,05	63,09894	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	12,7	44	27,45	14,29697	50
Sólidos Totales en mg/L	36	181	104,75	68,96074	ND
Sulfatos en mg/L	2,25	18,5	6,3475	8,101738	ND
Temperatura en $^{\circ}\text{C}$	25,7	27,8	27	0,905539	ND
Turbidez en NTU	2,7	12	5,2	4,537988	ND
Valor de pH	7,78	8,02	7,925	0,107238	6-9

Fuente: ANLA, 2024.

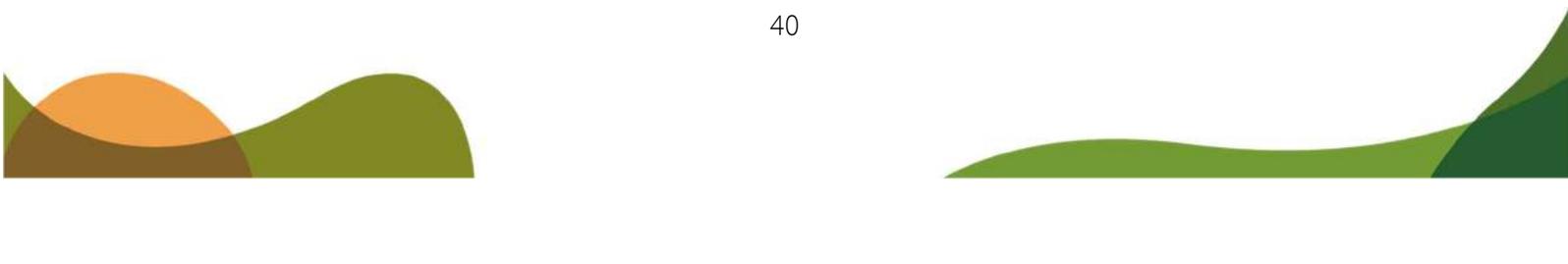
Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros coliformes totales en valores máximos, y en el oxígeno disuelto en sus valores mínimos, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

Adicionalmente, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de pH (7,78– 8,02) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el promedio de conductividad (132,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$) indica mineralización débil; el valor máximo de la DBO5 (2,57 mg/l) cumple el objetivo de calidad establecido (10mg/l); el mínimo de oxígeno disuelto (5,34 mg/l) presenta incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) pero cumplimiento en los demás puntos; el máximo de alcalinidad (94 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

No se cuenta con información de compuestos orgánicos ni compuestos de fosforo; en cuanto a los compuestos de nitrógeno los nitritos presentan cumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l). Los sólidos suspendidos totales también presentan cumplimiento al objetivo establecido (50 mg/l)

En cuanto a iones, solo se cuenta con información para sulfatos con un máximo de 18 mg/l que indica alteración baja según Tarradellas (2006); respecto a metales y metaloides se cuenta con resultados de hierro cuyo máximo (0,79 mg/l) se encuentra en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos (5 mg/l). Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales presentan incumplimiento del objetivo nivel de máximos.





3.4.6 Ciénaga La Panchita

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 10. La ciénaga la Panchita se ubica en la parte baja del río Calenturitas, dentro del área de influencia del expediente LAM3271. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro con información disponible en los años 2020 y 2023.

Tabla 14. Valores estadísticos Ciénaga La Panchita

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	134	265,94	207,89	67,38116
Carbono Orgánico Total en mg/L	3,74	10,37	6,678	2,622741
Cloruros en mg/L	0,72	2,4	1,56	1,187939
Coliformes Fecales en NMP/100ml	130	2400	1265	1605,132
Coliformes Totales en NMP/100ml	130	57940	29035	40877,84
Conductividad en μ S/cm	381	1028	704,5	457,4981
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	3,09	5,37	4,2	1,141184
Fluoruros en mg/L	0,1	0,276	0,18175	0,074933
Fósforo Total en mg/L	0,149	0,15	0,1495	0,000707
Hierro en mg/L	0,2883	2,008	0,918767	0,947202
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	3,08	3,1	3,09	0,014142
Oxígeno Disuelto en mg/L	3,92	5,23	4,575	0,92631
Sólidos Disueltos en mg/L	292	588	445	148,2532
Sólidos suspendidos totales en mg/L	15,5	85,5	43,4	37,09757
Sólidos Totales en mg/L	380	612	494	116,0517
Sulfatos en mg/L	140,317	194	164,08	27,36599
Temperatura en °C	27,9	28,6	28,25	0,494975
Turbidez en NTU	7,19	84,9	42,96333	39,21991
Valor de pH	7,12	8,29	7,705	0,827315

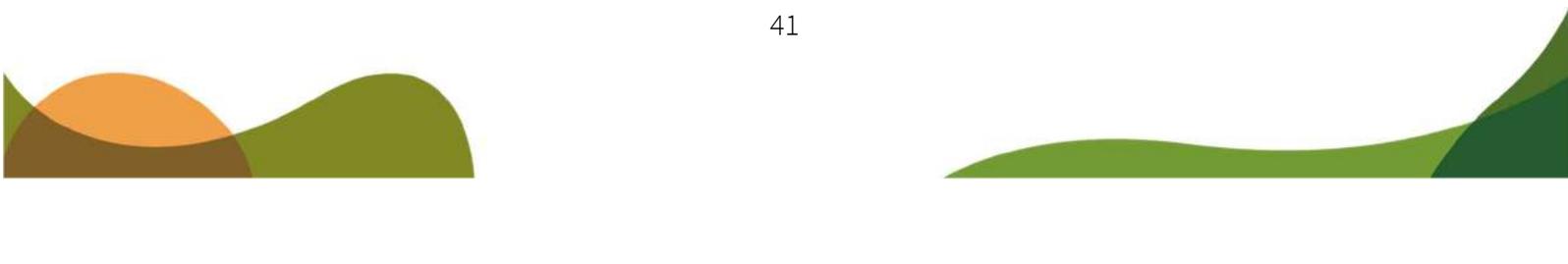
Fuente: ANLA, 2024.

Se destacan valores altos en coliformes totales (>2000 NMP/100 ml), la conductividad promedio (704 μ S/cm) indica mineralización importante, el promedio de sulfatos (164 mg/l) indica concentración alta (>100 mg/l) según Tarradellas (2006), el promedio de alcalinidad (207,89 mg/l) indica alteración según la clasificación de Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

En cuanto a compuestos de fosforo se observan condiciones de eutrofia con fósforo total promedio de 0,15 mg/l (> 0,02 mg/l según Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); no se cuenta con resultados para compuestos orgánicos, compuestos de nitrógeno, ni metales pesados.

3.4.7 Caño Caimancito

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 10. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2022, en la Tabla 15, se presenta un resumen estadístico de los





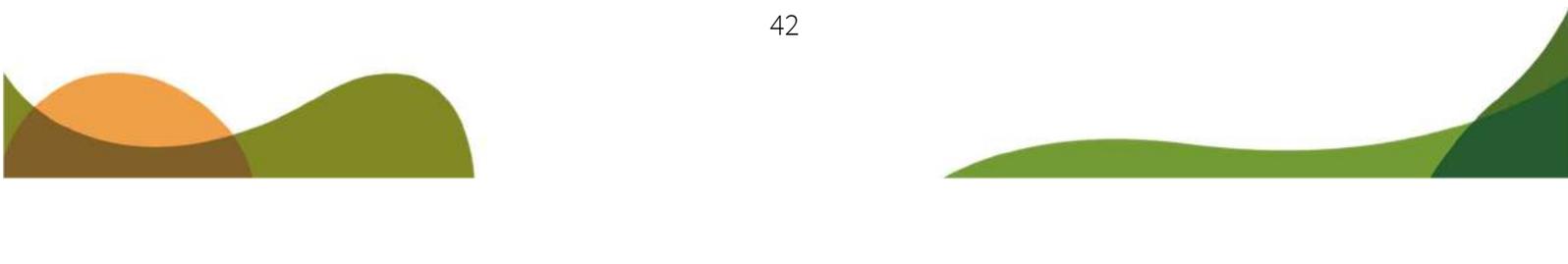
principales hallazgos respecto a la calidad del agua del agua de caño Caimancito, en el cual tienen presencia los expedientes LAM2622 y LAM3271.

Tabla 15. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño Caimancito

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	30.90	12.00	49.80	26.73	NA
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	156.52	55.10	287.00	38.60	NA
Arsénico en mg/L	0.006	0.004	0.007	0.001	0.1
Carbono Orgánico Total en mg/L	6.90	2.00	65.35	9.06	NA
Caudal (Insitu) L/s	1299.02	113.00	2951.00	686.07	NA
Cianuro en mg/L	0.03	0.01	0.05	0.02	NA
Cloruros en mg/L	4.11	1.52	19.20	3.01	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	2675.43	7.80	33000.	7670.44	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	12713.39	11.00	130000	29739.82	2000
Conductividad en μ S/cm	567.75	99.30	2860.0	599.44	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	31.34	2.11	544.00	120.74	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	113.00	113.00	113.00	0	30
Fenoles en mg/L	0.10	0.05	0.19	0.08	NA
Fluoruros en mg/L	0.16	0.10	0.91	0.10	1
Fósforo Total en mg/L	0.25	0.09	2.07	0.27	NA
Grasas y Aceites en mg/L	3.37	0.65	4.43	1.54	10
Hierro en mg/L	1.99	0.13	38.71	5.23	5
Nitratos en mg/L	0.54	0.10	2.38	0.62	10
Nitritos en mg/L	0.02	0.01	0.13	0.03	0.1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	6.59	0.32	43.20	16.14	NA
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	7.43	2.02	62.50	16.59	NA
Ortofosfatos en mg/L	0.15	0.12	0.23	0.04	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	6.77	4.27	9.80	1.13	>6
Sólidos Disueltos en mg/L	217.13	138.00	360.00	65.61	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0.75	0.10	12.00	2.41	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	96.97	5.60	2235.0	296.35	50
Sólidos Totales en mg/L	329.15	164.00	2450.0	342.63	NA
Sulfatos en mg/L	216.03	1.03	1414.0	390.31	NA
Sulfuros mg/L	7.35	1.50	13.20	8.27	NA
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.24	0.21	0.25	0.03	<0,5
Temperatura en °C	29.17	25.20	34.20	2.18	NA
Turbidez en NTU	91.64	3.84	2800.0	395.89	NA
Valor de pH	7.92	6.61	8.70	0.37	4,5-9

Fuente: ANLA, 2024.

Respecto a los objetivos de calidad, se presenta incumplimiento para los parámetros coliformes totales y los sólidos suspendidos totales, respecto a la media. En cuanto a los

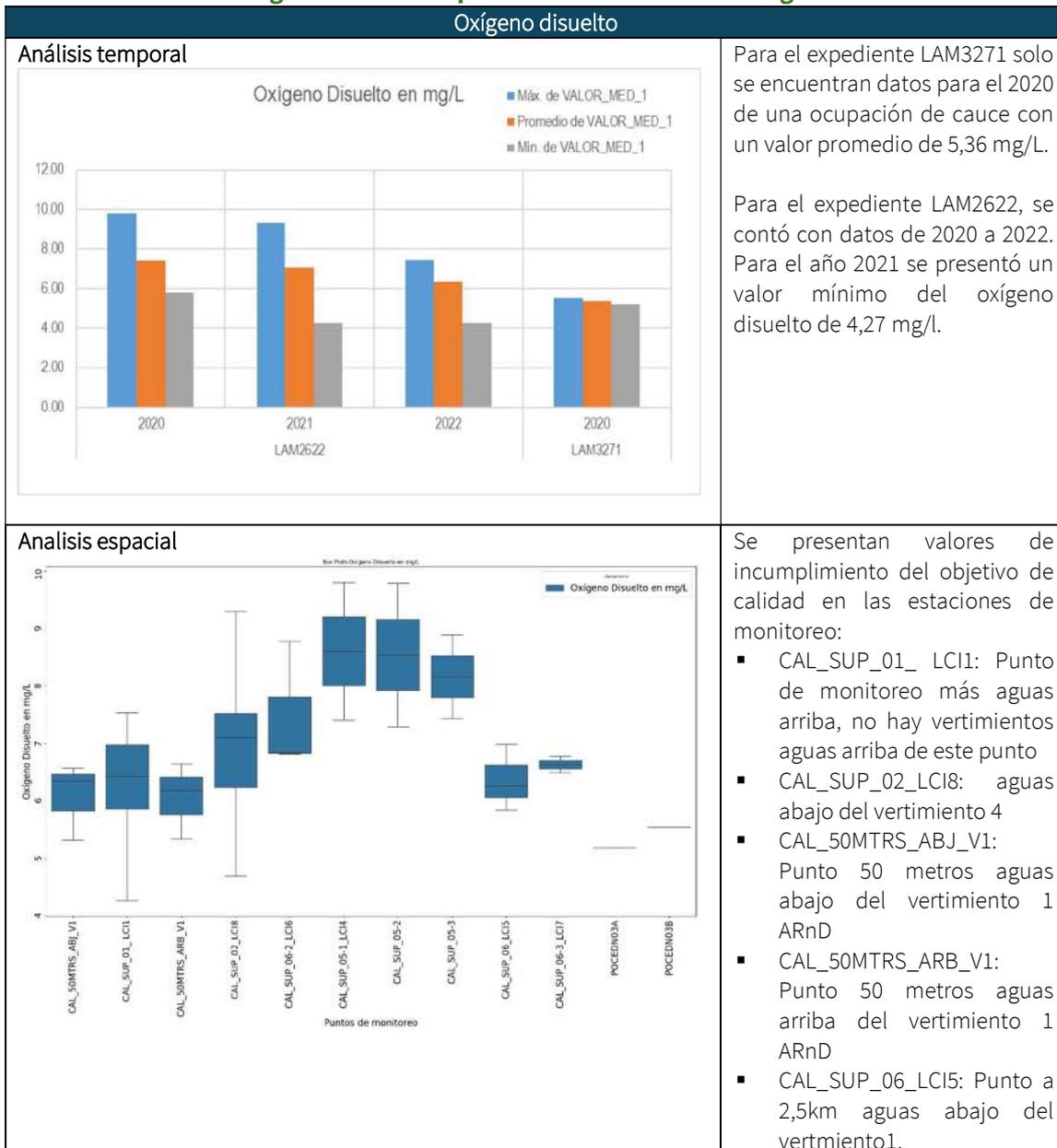




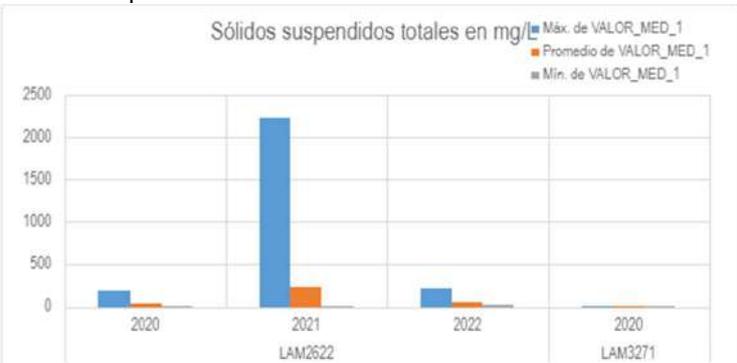
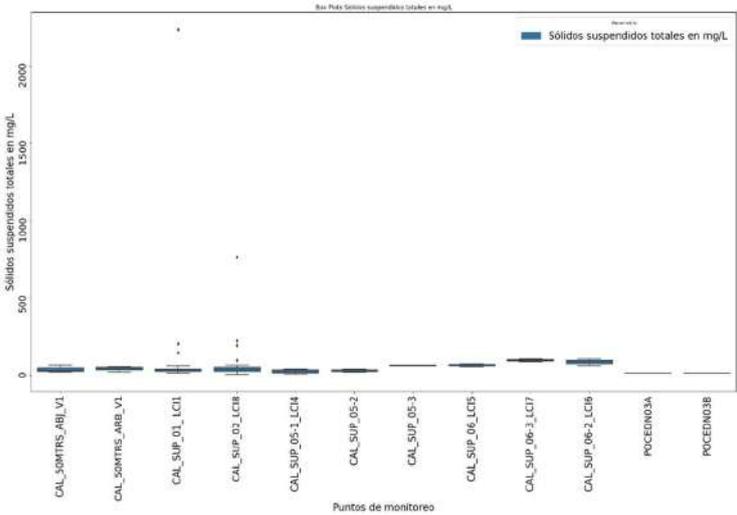
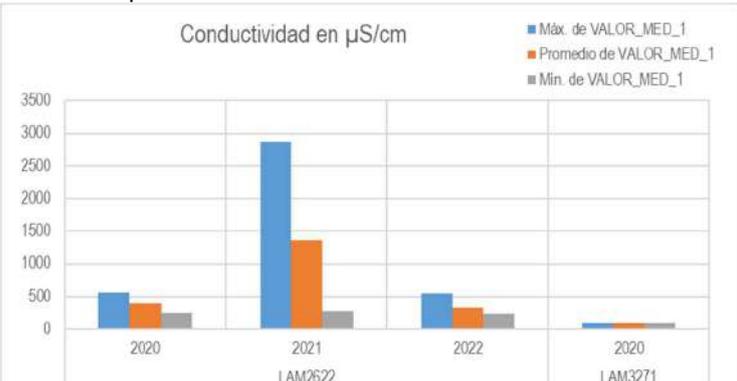
valores mínimos y máximos se incumple el objetivo para los parámetros oxígeno y DQO respectivamente.

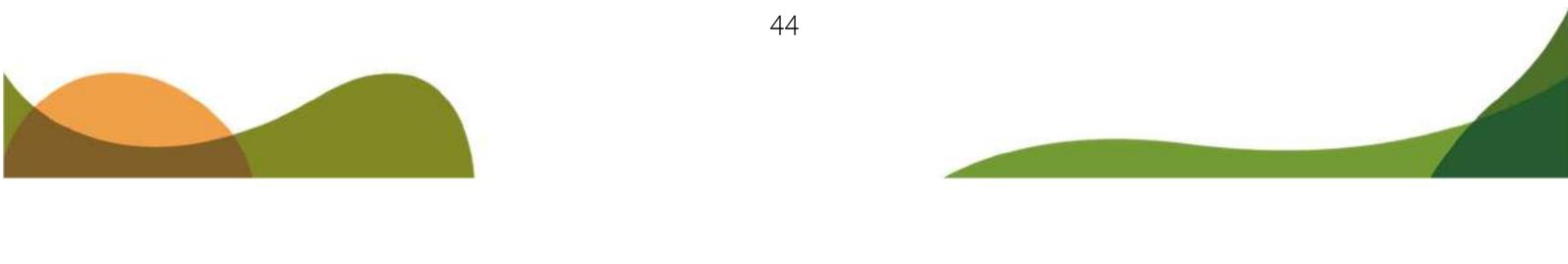
La conductividad presenta valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual se ubica en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006), y de manera similar los sulfatos con valores $>100 \text{ mg}/\text{l}$, también se ubican en el rango alto según esta clasificación. Respecto a metales pesados todos los reportes estuvieron por debajo del límite de detección. A continuación, se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros de interés.

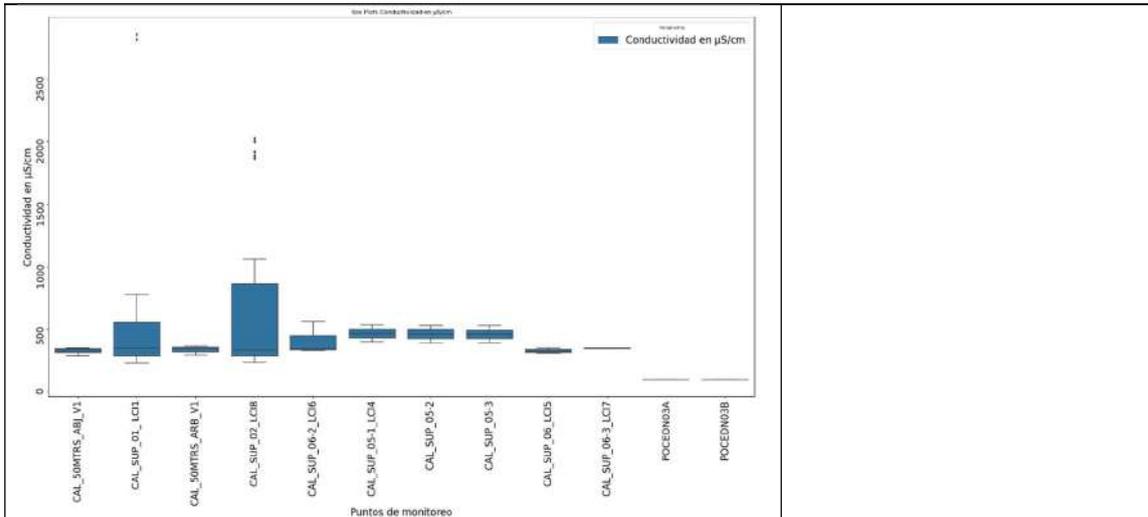
Figura 15 Análisis parámetros de calidad del agua



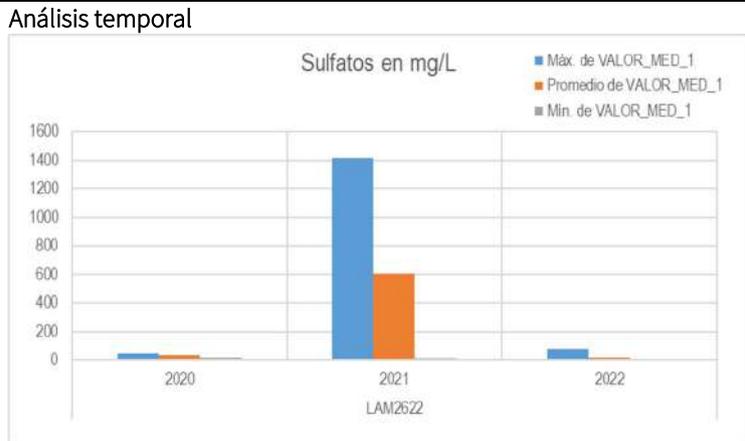


Sólidos suspendidos totales	
<p>Análisis temporal</p>  <p style="text-align: center;">Sólidos suspendidos totales en mg/L</p>	<p>Los valores promedio del tramo de estudio arroyo Caimancito son del orden de 96,97 mg/l. El valor máximo se presentó en el 2021 en el mes de octubre coincidiendo con la épocas de lluvias.</p>
<p>Análisis espacial</p>  <p style="text-align: center;">Sólidos suspendidos totales en mg/L</p>	<p>El comportamiento general de los sólidos suspendidos totales es mantener una concentración promedio. Con algunos picos en los meses de lluvias para las estaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CAL_SUP_01_LCI1 ▪ CAL_SUP_02_LCI8
Conductividad	
<p>Análisis temporal</p>  <p style="text-align: center;">Conductividad en µS/cm</p>	<p>La conductividad alcanza sus mayores valores para el año 2021, con valores por encima de 2000 µS/cm, para el 2022 los valores promedio fueron del orden de 333,6 µS/cm.</p>
<p>Análisis espacial</p>	<p>Especialmente los mayores valores de conductividad se presentaron en las estaciones: CAL_SUP_01_LCI1 y CAL_SUP_02_LCI8</p>

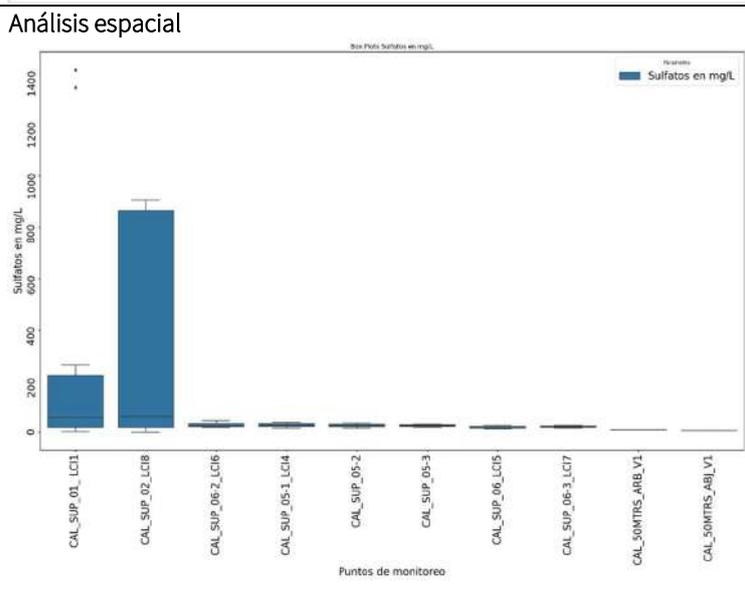




Sulfatos

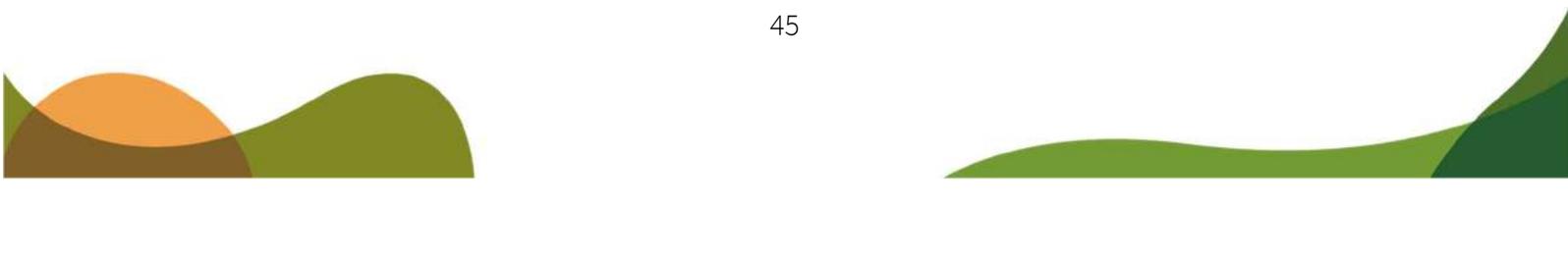


En cuanto a los sulfatos nuevamente para el periodo de 2021 fue el año donde mayores concentraciones se presentaron.



Especialmente los mayores valores de sulfatos se presentaron en las estaciones: CAL_SUP_01_LCI1 y CAL_SUP_02_LCI8.

Fuente: ANLA, 2024.



En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de pH (6,6 – 7,9) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO5 (544mg/l) presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l); el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en algunos puntos, sin embargo, el promedio de 6,1mg/l presenta cumplimiento del objetivo; el promedio de alcalinidad (156,5 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez (2008); para la acidez los valores promedio son de 30,9 mg/l.

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 2mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (2,38 mg/l), sin embargo, no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l).

En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (0,16 mg/l); los cloruros presentaron de 4,11 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (38,7 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 2 mg/l.

En cuanto a los sólidos en general se presentan concentraciones altas de sólidos totales con un valor promedio de 329,15 mg/l y los disueltos de 217,13 mg/l.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.4.8 Arroyo Paraluz

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 9. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2023, en la Tabla 16, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del arroyo Paraluz, en el cual tienen presencia los expedientes VAR0032, LAM3199, LAM2622, LAM0027 y LAM1862.

Tabla 16. Valores estadísticos de la serie de datos analizada arroyo Paraluz

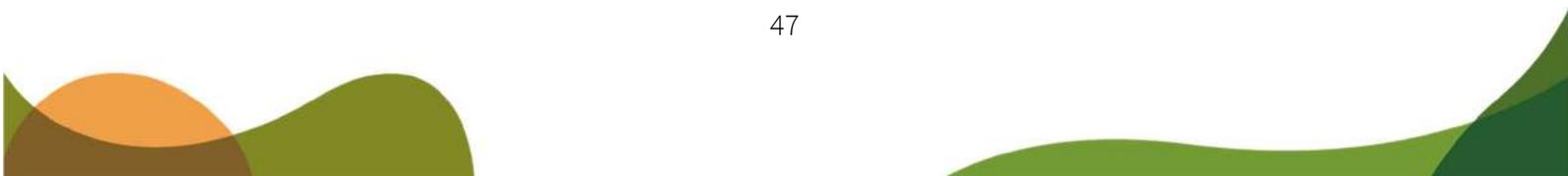
Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	142.85	10.75	1683.0	344.50	NA
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	65.19	4.44	212.85	41.12	NA
Arsénico en mg/L	0,0009	0,0002	0,0010	0,0002	0,1
Cadmio en mg/L	0.02	0.02	0.02	NA	0,01



Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Carbono Orgánico Total en mg/L	7.66	4.89	10.54	2.53	NA
Caudal (Insitu) L/s	287.75	53.00	579.00	217.85	NA
Cloruros en mg/L	23.88	2.70	552.00	79.32	NA
Cobre en mg/L	0.03	0.02	0.09	0.03	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	1333.06	15.00	6000.0	2103.83	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	6253.05	10.00	52000	11942.86	2000
Conductividad en µS/cm	285.84	0.26	817.00	267.86	NA
Cromo en mg/L	0.04	0.01	0.09	0.04	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	8.22	0.04	57.70	8.31	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	37.89	1.82	139.73	23.39	30
Fenoles en mg/L	0.02	0.02	0.02	NA	NA
Fluoruros en mg/L	0.19	0.06	0.38	0.11	1
Fósforo Total en mg/L	0.26	0.03	1.72	0.31	ND
Grasas y Aceites en mg/L	4.25	1.50	7.00	3.89	10
Hierro en mg/L	1.78	0.04	6.75	1.61	5
Nitratos en mg/L	1.47	0.07	8.09	1.85	10
Nitritos en mg/L	0.04	0.01	0.22	0.05	0.1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	1.64	0.20	4.86	1.06	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	3.17	0.30	10.30	2.05	ND
Ortofosfatos en mg/L	0.12	0.02	0.93	0.19	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	5.19	3.28	8.30	1.18	>6
Plomo en mg/L	0.02	0.00	0.04	0.02	5
Sólidos Disueltos en mg/L	234.18	1.10	606.00	180.13	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0.18	0.10	0.30	0.07	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	44.79	5.00	184.00	36.45	50
Sólidos Totales en mg/L	281.36	14.41	638.00	187.40	ND
Sulfatos en mg/L	82.85	1.38	375.30	88.07	ND
Sulfuros mg/L	11.82	0.02	28.34	12.29	ND
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	2.74	0.02	32.60	8.81	<0,5
Temperatura en °C	29.76	26.40	37.20	1.53	ND
Turbidez en NTU	51.43	8.00	164.00	33.96	ND
Valor de pH	7.06	5.78	8.40	0.46	4,5-9

Fuente: ANLA, 2024.

Respecto a los objetivos de calidad se presenta incumplimiento para los parámetros coliformes totales, la DQO, cadmio y SAAM respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros oxígeno disuelto, DBO5, SST, Coliformes fecales y Hierro.

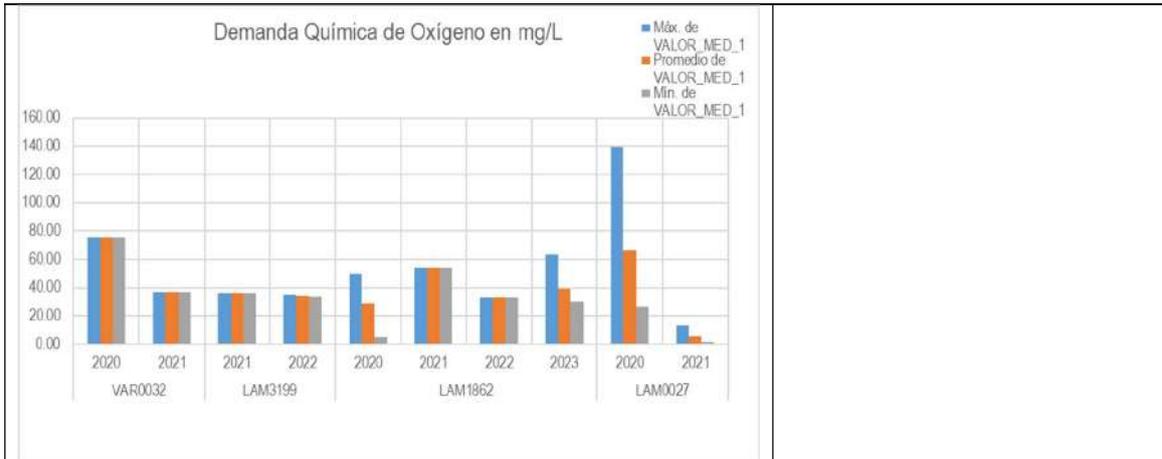


La conductividad presenta valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ y se ubica en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006); para los sulfatos, los resultados se ubican en el nivel medio, según la clasificación de Tarradellas (2006), con valores entre 50-100 mg/l.

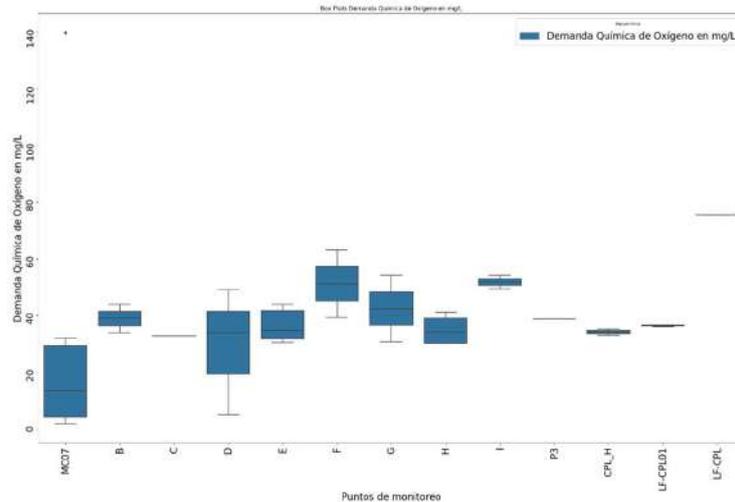
Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

Figura 16 Análisis parámetros de calidad del agua





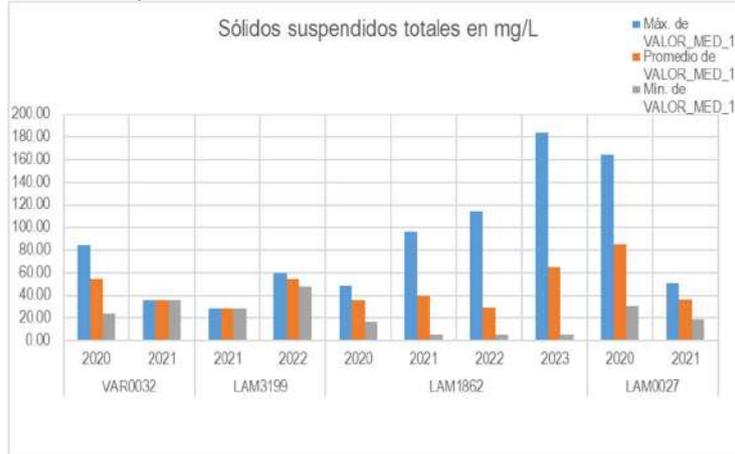
Análisis espacial



Espacialmente la estación con las concentraciones más altas corresponde a B, la cual se encuentra ubicada en cecanías de un punto de vertimiento del expediente LAM1862. El promedio general de tramo es 37,8 mg/L. Todos los puntos de monitoreo se encuentran aguas abajo de los puntos de vertimiento.

Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal

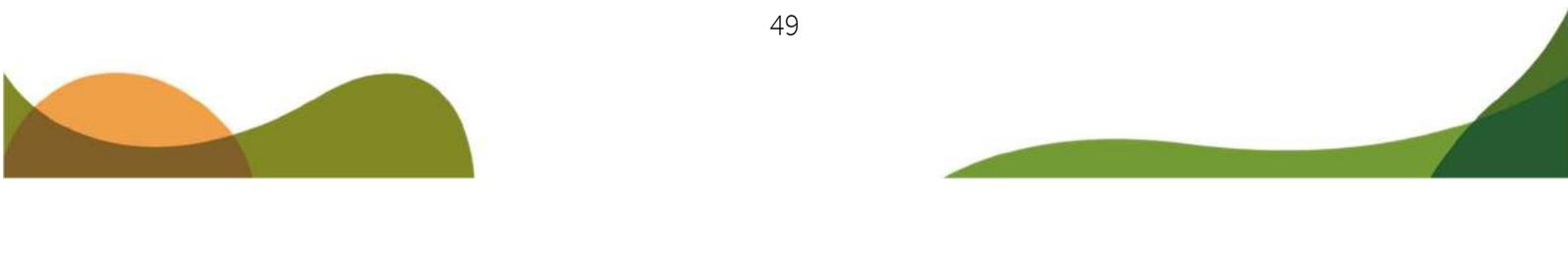


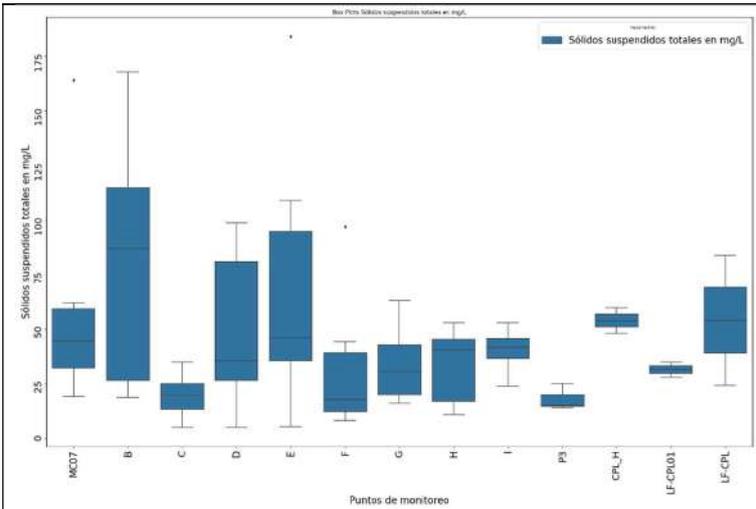
Los sólidos suspendidos totales muestran aumentos en sus concentraciones de 2020 a 2023, las mayores concentraciones se presentaron para el año 2023 para el expediente LAM1862 incumpliendo con el objetivo de calidad.

Análisis espacial

Las estaciones con mayores de concentraciones de SST son:

- LF-CPL: expediente VAR0032 y LAM3199.





■ B: expediente LAM1862.
De manera general se observa que todas las estaciones presentan concentraciones mayores al objetivo de calidad.

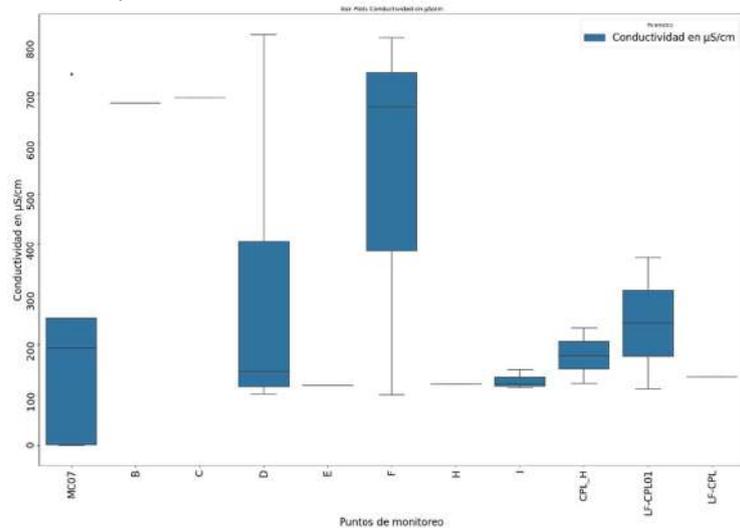
Conductividad

Análisis temporal



La conductividad exhibe un comportamiento similar a los SST, aumentando su concentración de 2020 a 2023 en el expediente LAM1862.
La conductividad en el arroyo Paraluz presenta en general resultados en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006),

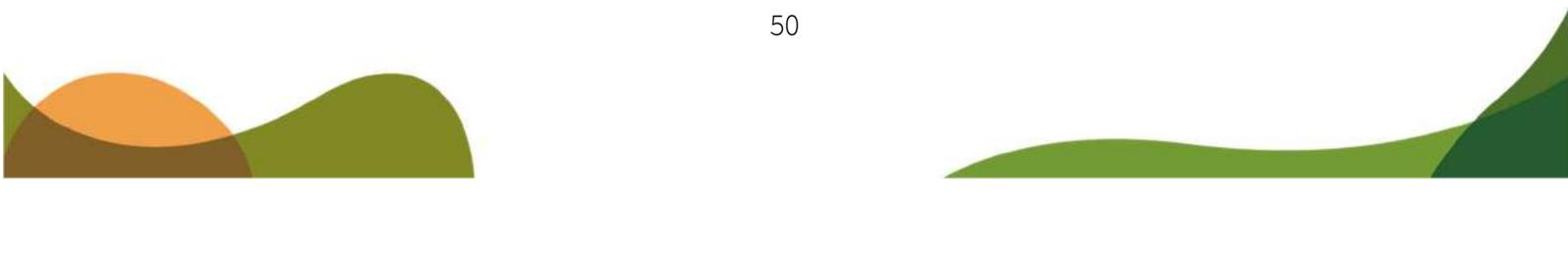
Análisis espacial



Espacialmente las estaciones que presentan mayores conductividades son:

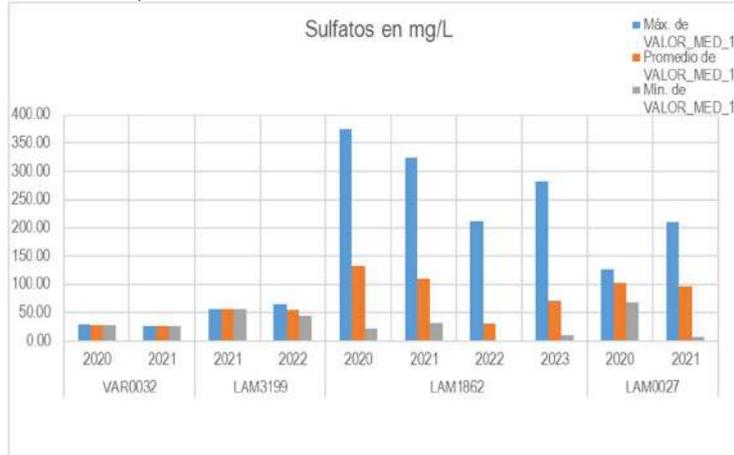
- D: LAM1862
- F: LAM1862
- MC07: LAM0027
- C: LAM1862
- B: LAM1862
- LF-CPL01: LAM3199

Sulfatos



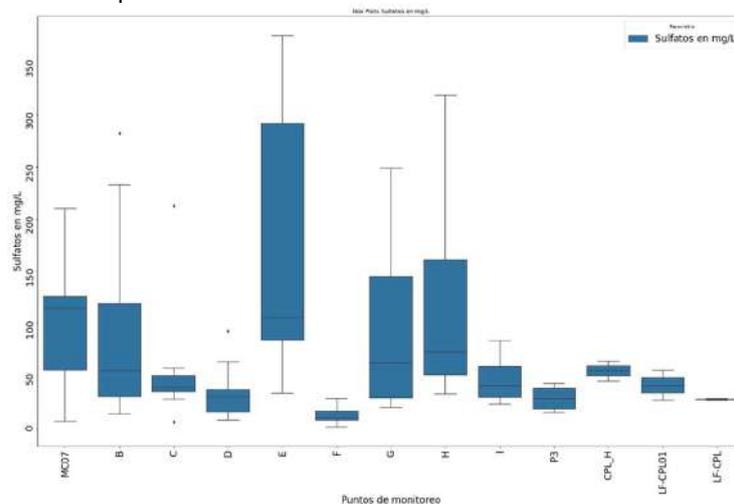


Análisis temporal



Los sulfatos temporalmente muestran concentraciones altas para todos los años de análisis, en especial para el expediente LAM1862, el mayor pico se presentó para el año 2020.

Análisis espacial



Especialmente las concentraciones de sulfatos en el arroyo Paraluz se encuentra en el promedio de 82,85 mg/l. La estación con mayores concentraciones es: E y H del expediente LAM1862, cercanos al vertimiento Punto 1 H1.

Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de resultados de pH (5,8 – 8,4 unidades) se encuentra incumpliendo para el rango mínimo y cumpliendo para el máximo establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades) pero solo para en muestreo en la estación H para el periodo de marzo de 2022; el valor máximo de la DBO5 (57,70 mg/l) y la DQO (139,73 mg/l) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l) y (30 mg/l) respectivamente. En el caso de la DBO5 se incumple para el expediente LAM1892 en los puntos: B, E, F, I, H y G, para el expediente LAM0027 punto MC07 y en el expediente VAR0032 en LF-CPL.; el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en algunos puntos cómo fue discutido anteriormente, el promedio de alcalinidad (65,2 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración establecidos por Roldan y Ramírez, (2008), así mismo la acidez valores promedio de 142,8 mg/l.

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan



condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 5mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (8,09 mg/l) sin embargo no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l). Se presenta incumplimiento en cuanto a los nitritos.

En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (promedio 0,19 mg/l); los cloruros presentaron de 23,88 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (6,75 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 1,78 mg/l. En cuanto al cadmio solo se presentó el valor de 0,016 incumpliendo el objetivo de calidad en el punto B para el periodo de septiembre de 2023.

En cuanto a los sólidos, en general se presentan concentraciones altas con un valor promedio de 281 mg/l para los sólidos totales y de 234,18 mg/l para los sólidos disueltos. Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.4.9 Arroyo Garrapata

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 9. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2023, en la Tabla 17, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del arroyo Garrapata, en el cual tienen presencia los expedientes LAM0027 y LAM1862.

Tabla 17. Valores estadísticos de la serie de datos analizada arroyo Garrapata

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	9.81	9.81	9.81	0.0	NA
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	121.70	5.20	294.89	130.05	NA
Arsénico en mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1
Cloruros en mg/L	67.70	1.27	178.00	78.58	NA
Cobre en mg/L	0.02	0.02	0.02		0.2
Conductividad en µS/cm	365.50	0.24	1400.00	593.04	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	7.30	0.25	23.70	10.99	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	31.86	1.40	115.81	47.83	30
Grasas y Aceites en mg/L	0.19	0.18	0.20	0.01	10
Hierro en mg/L	1.90	0.08	7.27	2.34	5



Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Nitratos en mg/L	4.21	0.12	8.10	4.09	10
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	0.68	0.21	1.29	0.42	NA
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	1.23	0.76	1.80	0.55	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	4.75	3.12	6.89	1.29	>6
Plomo en mg/L	0.03	0.03	0.03		5
Sólidos Disueltos en mg/L	361.33	64.00	832.00	412.30	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	45.90	22.00	94.00	28.12	50
Sólidos Totales en mg/L	337.65	70.60	884.00	370.19	NA
Sulfatos en mg/L	209.93	14.49	367.25	162.19	NA
Sulfuros mg/L	7.60	0.20	15.00	10.46	NA
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0.17	0.02	0.42	0.19	<0,5
Temperatura en °C	29.01	3.10	34.80	6.82	NA
Turbidez en NTU	51.26	27.40	81.30	22.67	NA
Valor de pH	7.29	6.80	8.30	0.39	4,5-9

Fuente: ANLA, 2024.

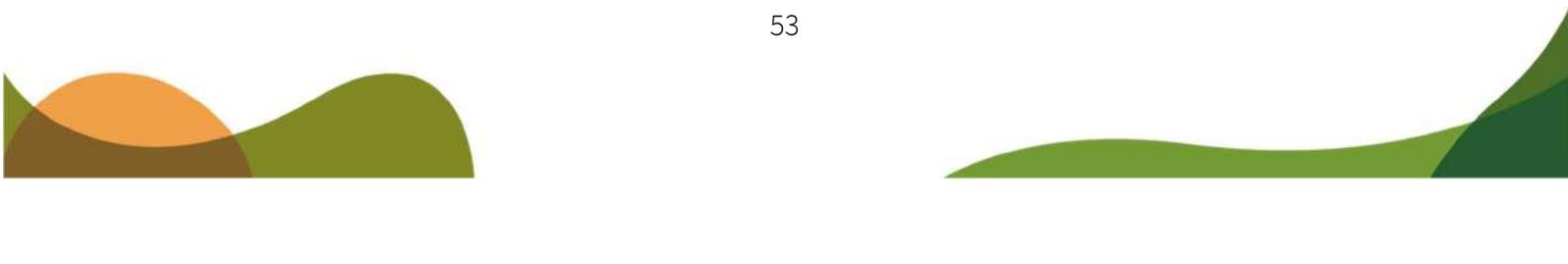
Respecto al incumplimiento de los objetivos de calidad se presenta para los parámetros la DQO y oxígeno disuelto respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros oxígeno disuelto, DBO5, SST, y Hierro.

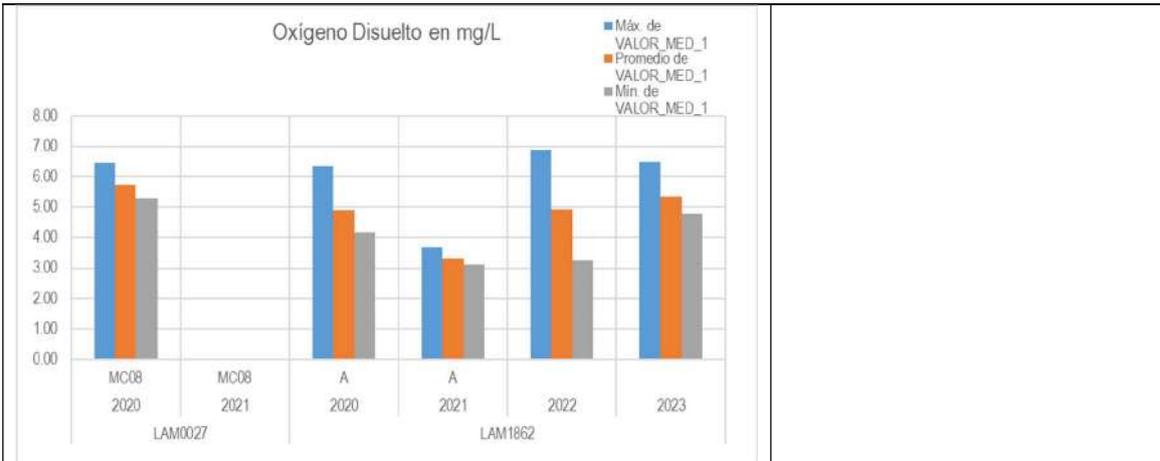
La conductividad con valores $>200 \mu\text{S/cm}$ presenta resultados en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006), al igual que los sulfatos con valores $>100 \text{ mg/l}$, también se ubican en el rango alto según esta clasificación.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

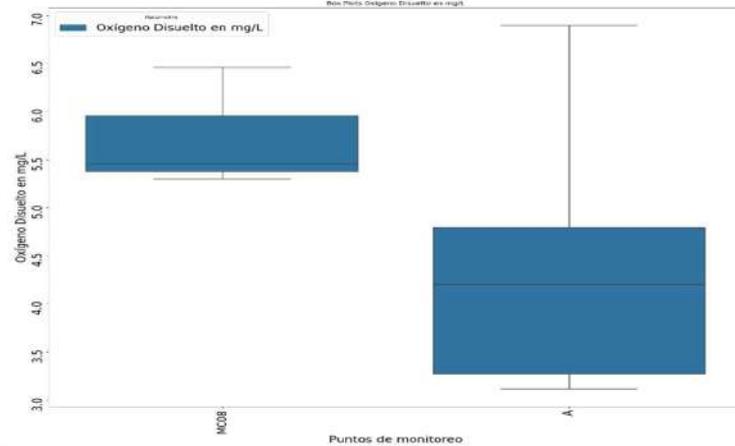
Figura 17 Análisis parámetros de calidad del agua

Oxígeno disuelto	
Análisis temporal	Se presenta incumplimiento del objetivo de calidad del oxígeno disuelto y para todos los años reportados.





Análisis espacial



El valor más bajo de oxígeno disuelto se presenta en la estación A, del expediente LAM1862.

DQO

Análisis temporal

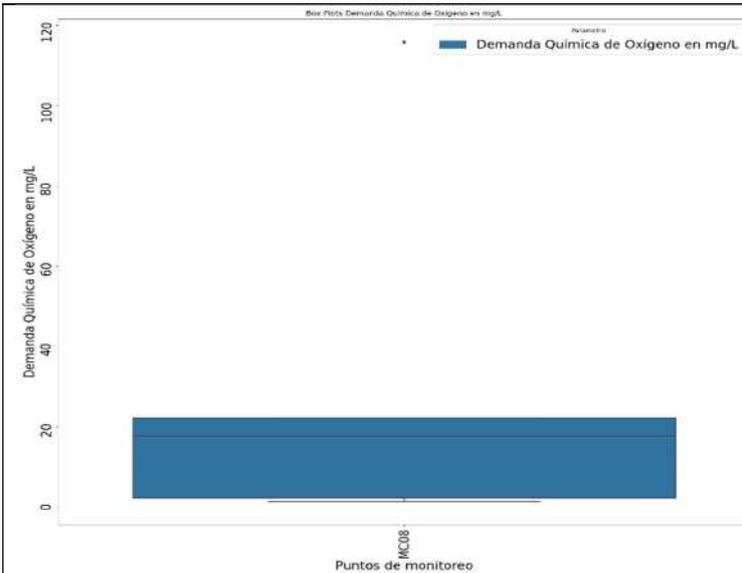


Para el parametro DQO solo se encuentran datos para el expediente LAM0027, el año 2020 presentó los mayores valores, sin embargo para el años 2021, el promedio de la DQO fue de 1,8 mg/l.

Análisis espacial

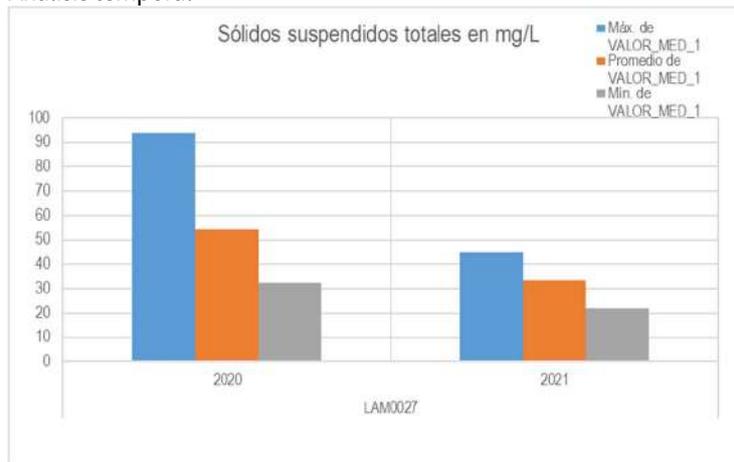
Se observa que solo se cuenta con información de la estación MC08 el cual se encuentra aguas abajo del punto de vertimiento piscina 4. Los valores promedios de 31,86 mg/l.





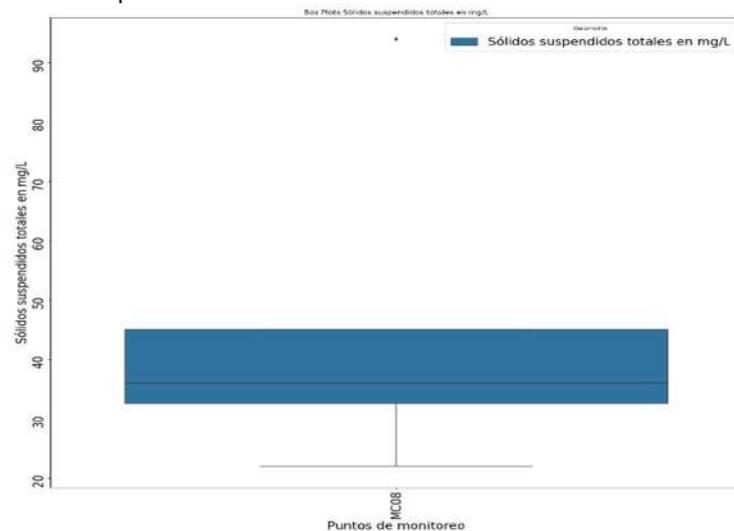
Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal



Los sólidos suspendidos totales, presentan sus mayores concentraciones para el año 2020 para el periodo de 2021 las concentraciones de sólidos están cumpliendo con los objetivos de calidad.

Análisis espacial



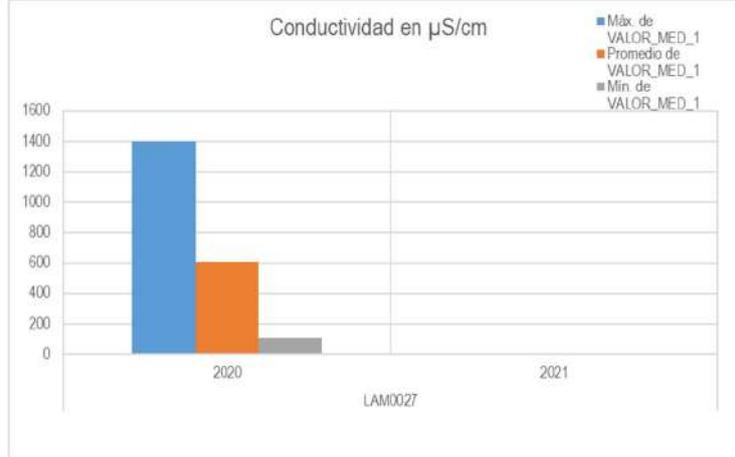
Solo se encontraron reportes de SST para la estación MC08. Con promedios de 45,9 mg/l.





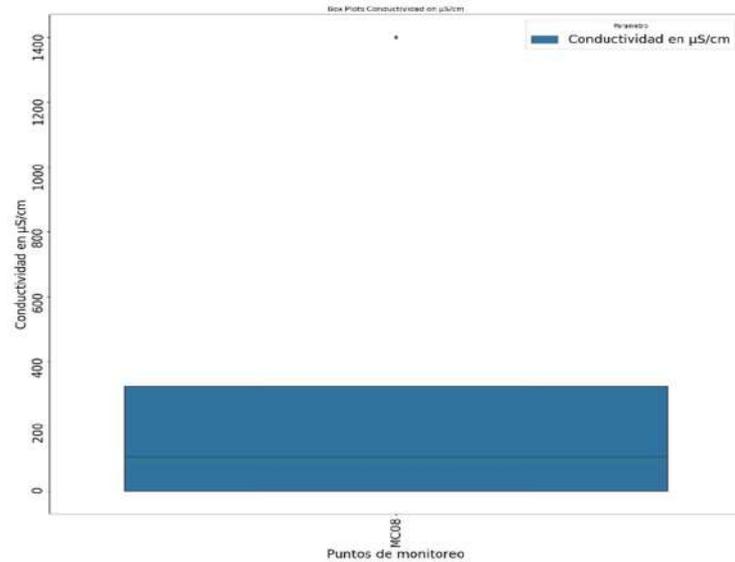
Conductividad

Análisis temporal



La conductividad presenta sus mayores valores para el año 2020 con promedios de 609 µS/cm y de 0,24 µS/cm para el año 2021.

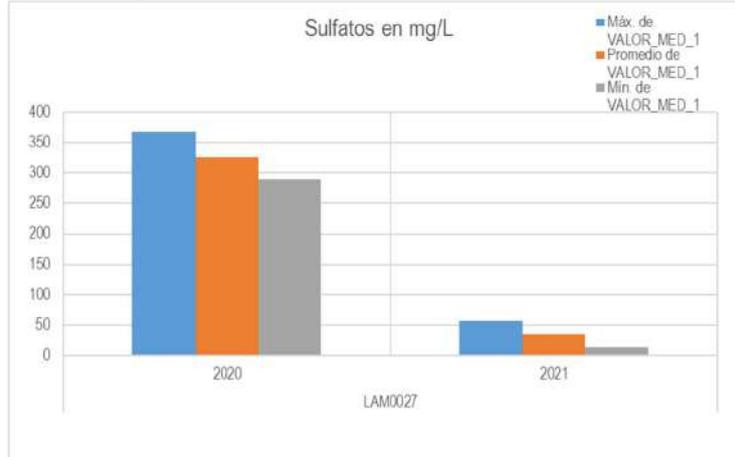
Análisis espacial



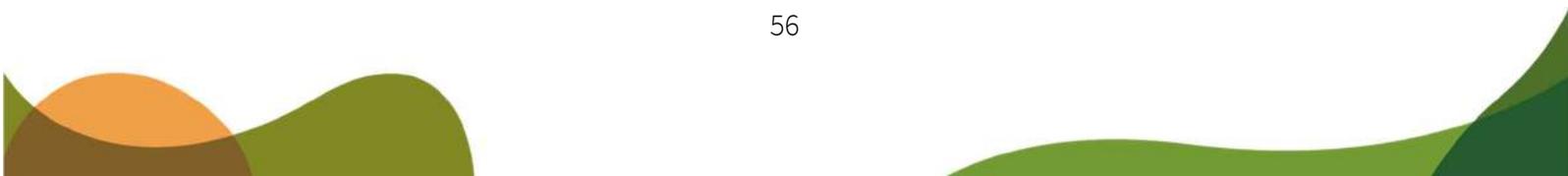
Se observa solo datos en la estación MC08 con valores promedio en el tramo de 365,5 µS/cm.

Sulfatos

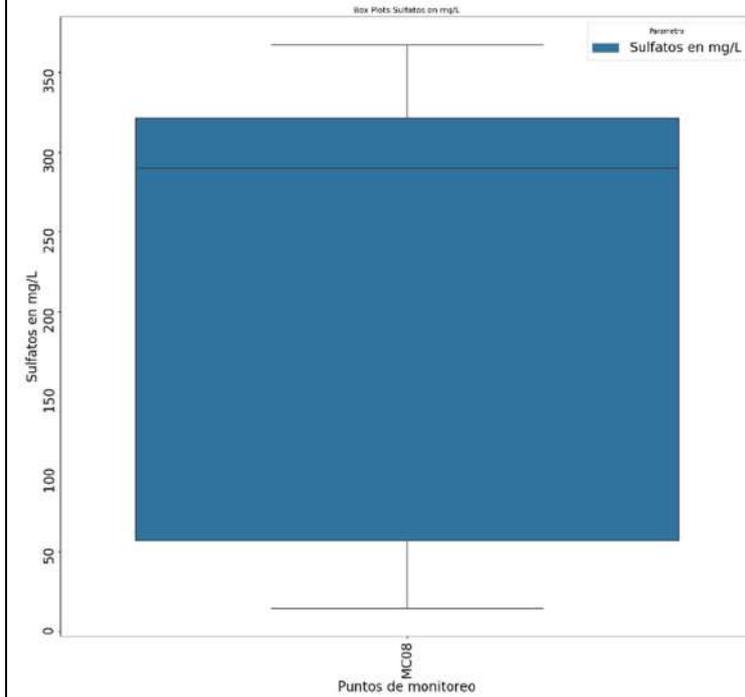
Análisis temporal



Los sulfatos presentan sus mayores valores para el año 2020 con promedios de 326,15 mg/l y de 35,6 mg/l para el año 2021.



Análisis espacial



Se observan solo datos en la estación MC08 con valores promedio en el tramo de 209,93 mg/l.

Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el resultado de pH (6,8 – 8,3 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (23,7 mg/l) presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l); el oxígeno disuelto con un promedio de 4,7 presenta incumplimiento del objetivo (6mg/l); el promedio de alcalinidad (121,7 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración establecidos por Roldan y Ramírez, (2008), para la acidez valores promedio de 9,8 mg/l.

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos y fenoles); los compuestos de nitrógeno cuales presentaron valores máximos > 5mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (4,21 mg/l) sin embargo no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l).

En cuanto a otros iones, los cloruros presentaron resultados de 67,7 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (7,07 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio es de 1,9 mg/l.

En cuanto a los sólidos en general se presentan concentraciones altas con los sólidos totales con un valor promedio de 337,65 mg/l y los disueltos de 361,33 mg/l.



3.4.10 Caño El Tigre - Arroyo San Antonio

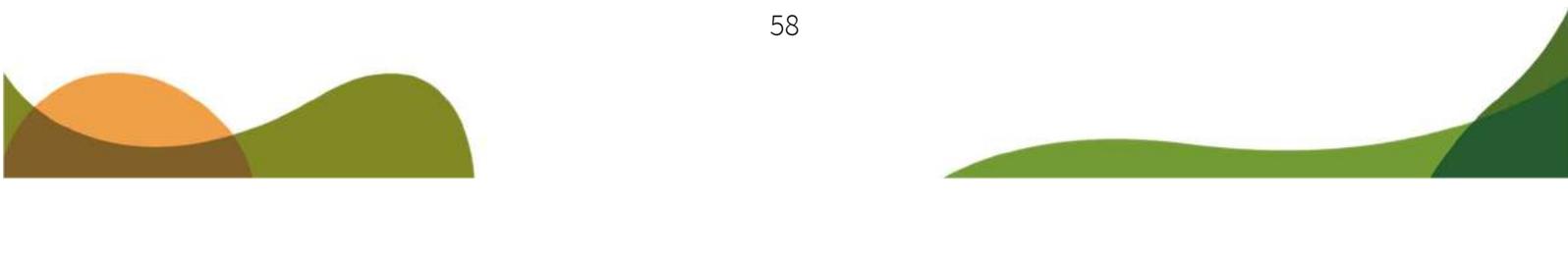
La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 8. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2022, en la Tabla 18, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del arroyo San Antonio. En el cual tienen presencia el expediente LAM0027.

Tabla 18. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño El Tigre - Arroyo San Antonio

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	18.84	9.19	44.88	17.40	NA
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	72.11	24.66	174.00	28.76	NA
Cadmio en mg/L	0.0025	0.0025	0.0025	NA	0.01
Caudal (Insitu) L/s	2194.56	6.12	8928.00	2100.50	NA
Cloruros en mg/L	6.47	0.65	30.69	5.23	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	4.59E+05	0.00	1.60E+07	2.45E+06	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	4.84E+05	0.00	1.60E+07	2.50E+06	2000
Conductividad en µS/cm	262.24	11.28	922.00	170.65	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	3.66	2.10	10.29	2.20	10.00
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	26.03	15.20	56.65	10.10	30.00
Fenoles en mg/L	0.12	0.05	0.19	0.06	NA
Fluoruros en mg/L	0.16	0.06	0.30	0.07	1.00
Fósforo Total en mg/L	0.36	0.01	1.58	0.31	NA
Grasas y Aceites en mg/L	2.21	2.21	2.21	0.0	10.00
Hierro en mg/L	1.45	0.16	8.34	1.42	5.00
Nitratos en mg/L	0.80	0.07	7.34	0.93	10.00
Nitritos en mg/L	0.08	0.01	0.44	0.09	0.10
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	1.44	0.21	5.59	2.33	NA
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	2.33	1.04	8.50	1.73	NA
Ortofosfatos en mg/L	0.27	0.01	1.00	0.21	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	6.72	1.57	9.28	1.09	>6
Sólidos Disueltos en mg/L	165.10	7.00	735.00	126.99	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	50.61	6.20	330.00	56.64	50.00
Sólidos Totales en mg/L	219.00	16.00	770.00	138.25	NA
Sulfatos en mg/L	92.25	10.00	575.00	103.81	NA
Temperatura en °C	30.04	24.70	36.40	2.25	NA
Turbidez en NTU	45.46	1.16	311.00	54.70	NA
Valor de pH	7.89	6.36	8.91	0.46	4,5-9

Fuente: ANLA, 2024.

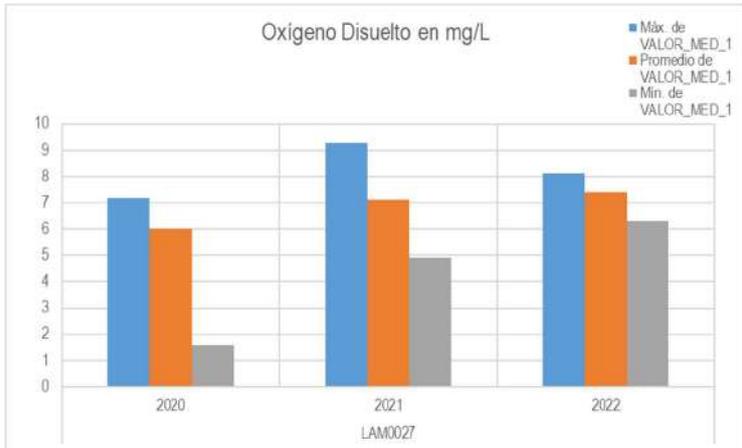
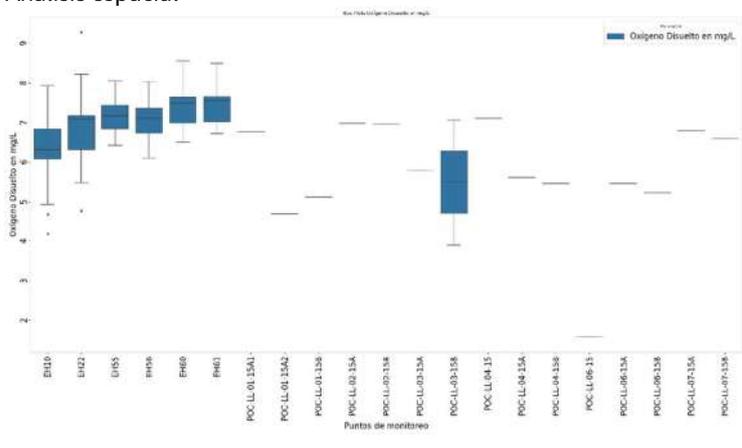
Respecto al incumplimiento de los objetivos de calidad se presenta para los parámetros coliformes totales, coliformes fecales y SST respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros oxígeno disuelto, DQO, DBO₅, y Hierro.

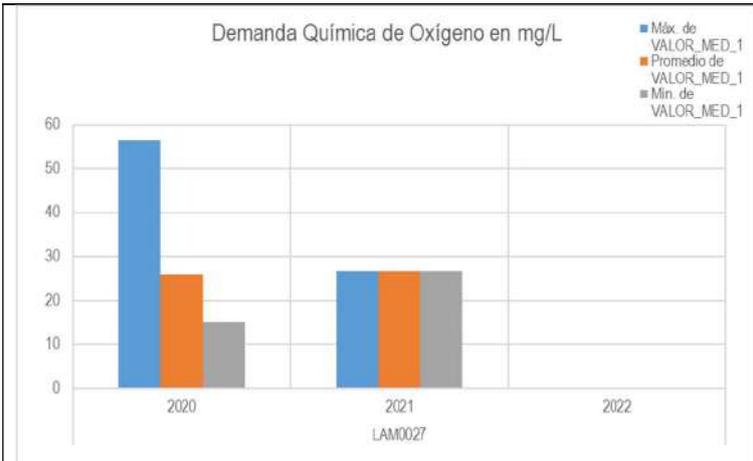


La conductividad con valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ presenta resultados en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006) y los sulfatos presentan nivel medio con valores entre 50-100 mg/l, según esta misma referencia.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

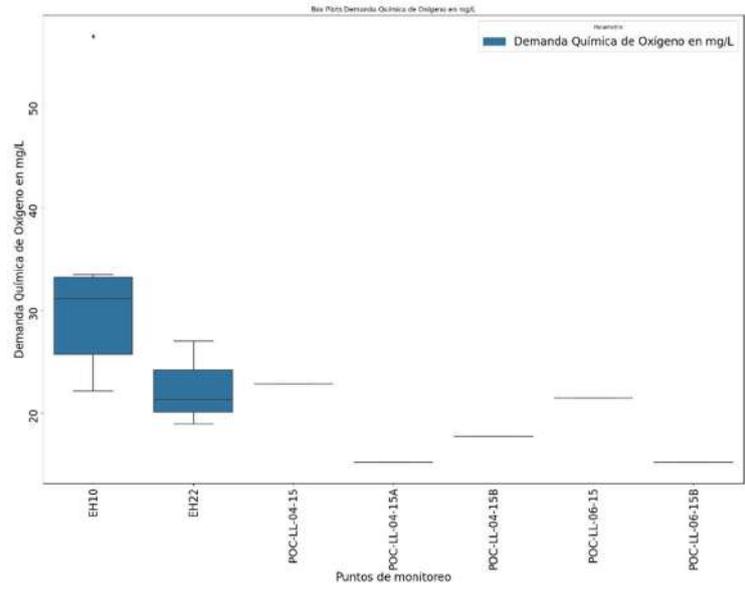
Figura 18 Análisis parámetros de calidad del agua

Oxígeno disuelto	
<p>Análisis temporal</p> 	<p>El oxígeno disuelto presentó valor de incumpliendo para el año 2020 para varios monitoreos.</p>
<p>Análisis espacial</p> 	<p>Espacialmente se presenta incumplimiento del objetivo de calidad para las estaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ EH10: Punto aguas arriba donde no hay vertimientos ▪ EH22: Punto aguas abajo de todos los vertimientos <p>Puntos aguas abajo de los vertimientos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ POC-LL-01-15A2 ▪ POC-LL-01-15B ▪ POC-LL-06-15B ▪ POC-LL-04-15B ▪ POC-LL-06-15A ▪ POC-LL-04-15A ▪ POC-LL-03-15A ▪ POC-LL-06-15 ▪ POC-LL-03-15B
DQO	
<p>Análisis temporal</p>	<p>Consistente con los resultados del oxígeno disuelto, la DQO presentó valores más altos para el año 2020 y mostró recuperación para el</p>



2022 con valores menores al límite de detección utilizado.

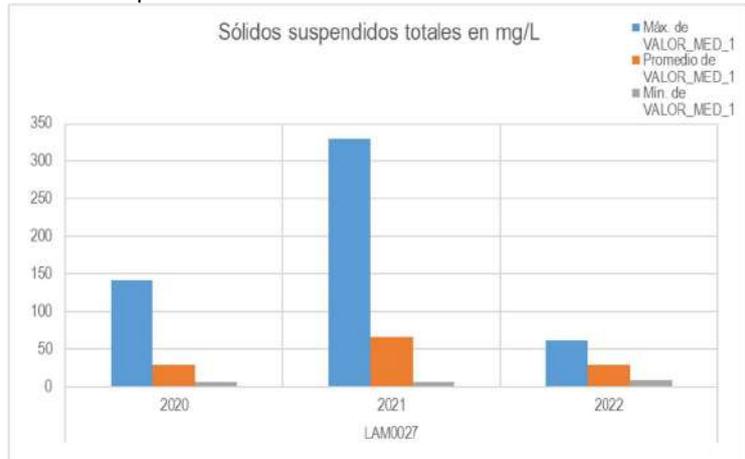
Análisis espacial



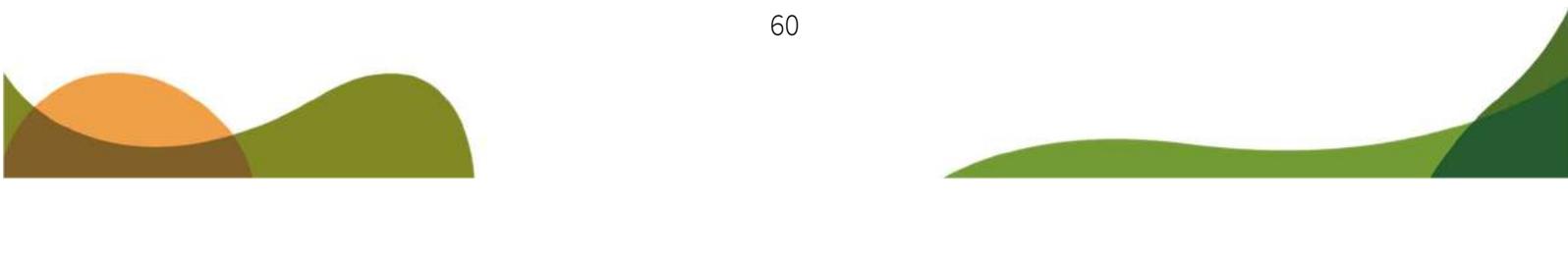
Espacialmente los valores más altos de la DQO se observan en la estación EH10 punto de muestreo que no se encuentra cercano a los vertimientos del expediente LAM0027. La DQO en el tramo de estudio presenta un promedio de 26,03mg/l

Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal

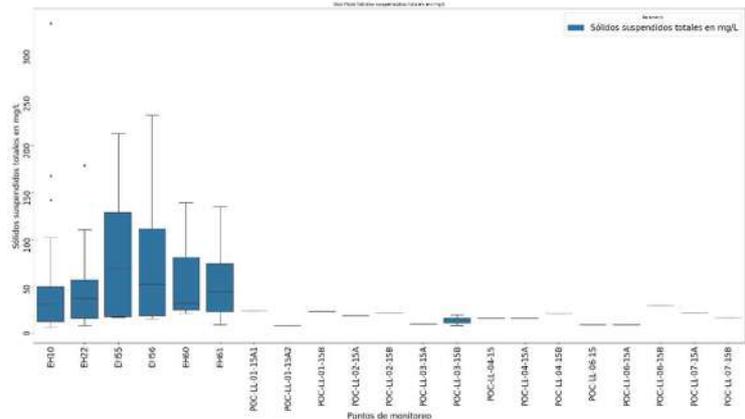


Los sólidos suspendidos presentan valores por encima del objetivo de calidad para todos los periodos analizados y en todos los puntos.





Análisis espacial



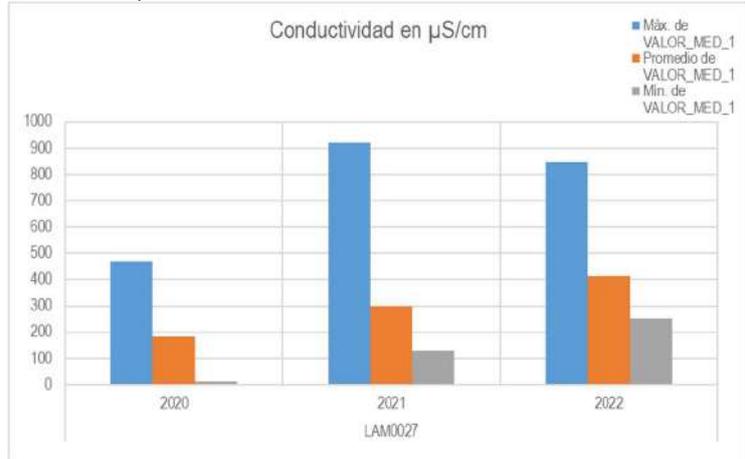
Espacialmente los puntos de monitoreo que presentan los valores más altos de SST son:

- EH10
- EH56
- EH55
- EH60
- EH61
- EH22

Por lo tanto se incumple el objetivo de calidad aguas arriba de los vertimientos.

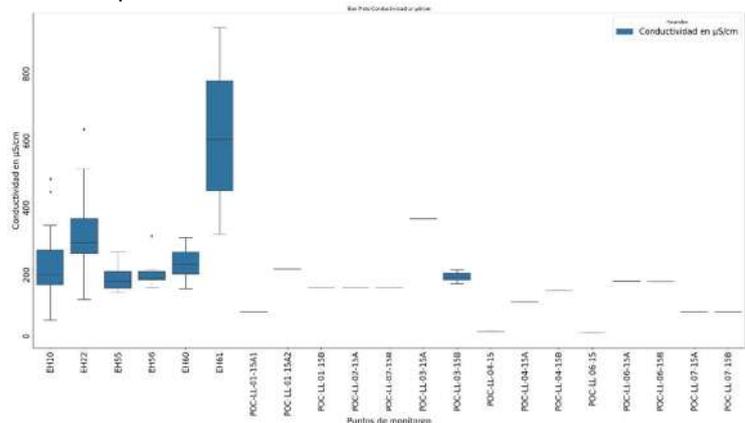
Conductividad

Análisis temporal



La variable conductividad para todos los periodos analizados presenta altas concentraciones, con promedios de 184,3 µS/cm para el 2020, 198,9 µS/cm para el 2021 y 412 µS/cm para el 2022.

Análisis espacial



Espacialmente las estaciones que presentan los valores más altos de conductividad son:

- EH61
- EH22
- EH10
- POC-LL-03-15A

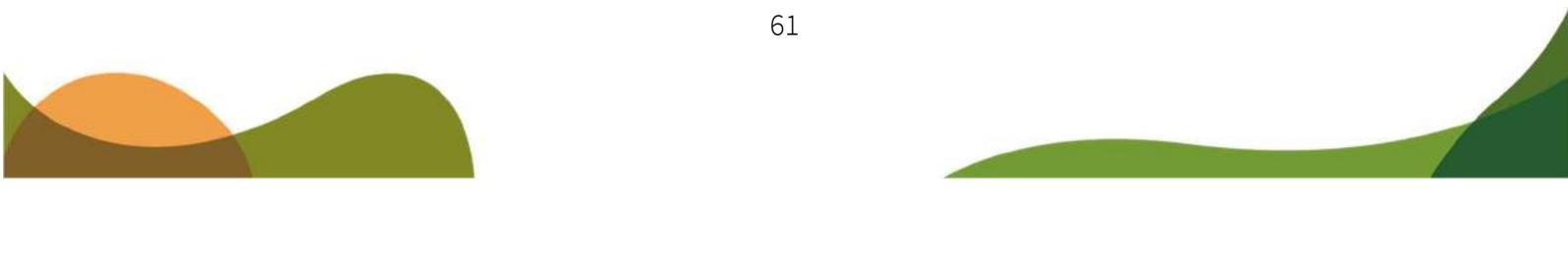
Por lo tanto se presentan altas conductividades aguas arriba de los vertimientos.

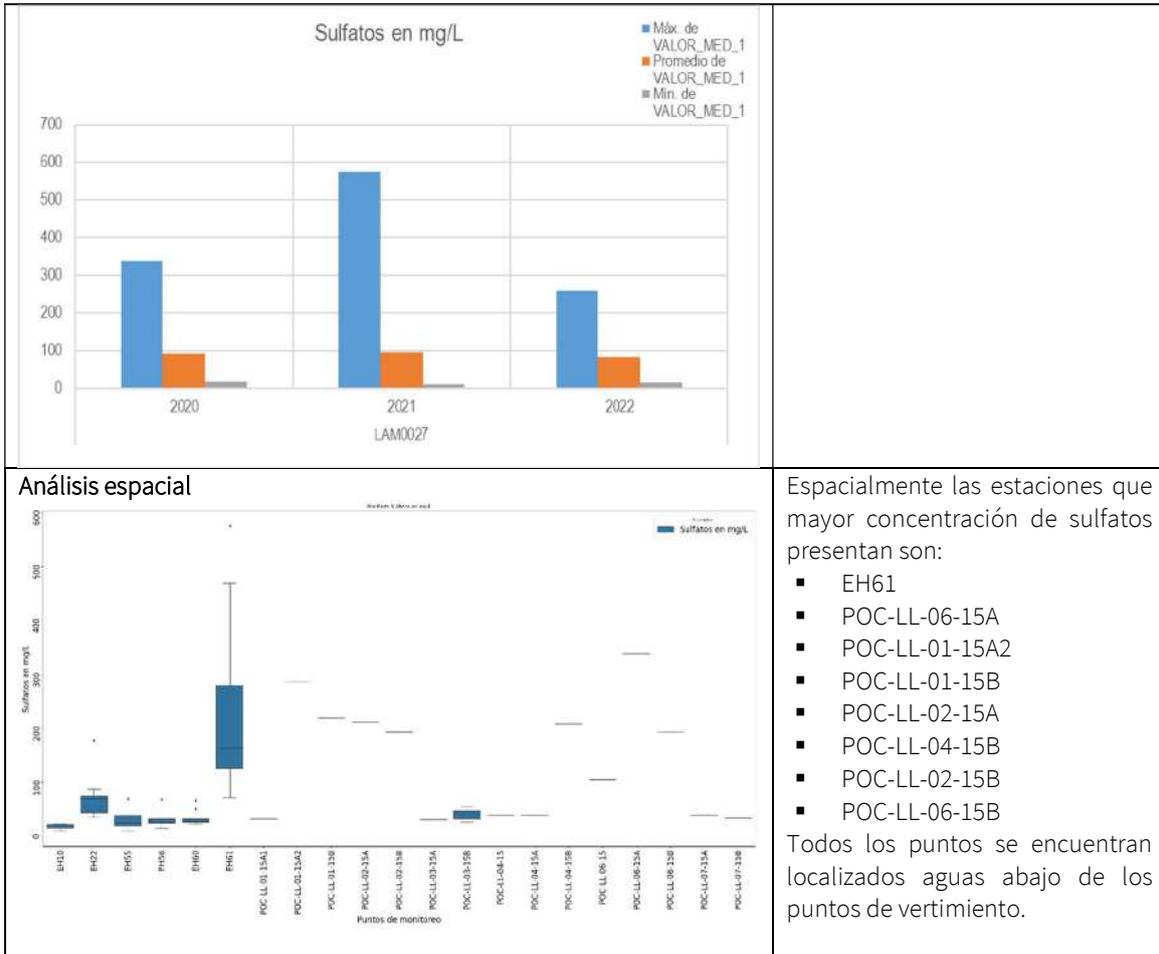
Sulfatos

Análisis temporal



Las concentraciones más elevadas de sulfatos se presentaron para el periodo de 2021.





Espacialmente las estaciones que mayor concentración de sulfatos presentan son:

- EH61
- POC-LL-06-15A
- POC-LL-01-15A2
- POC-LL-01-15B
- POC-LL-02-15A
- POC-LL-04-15B
- POC-LL-02-15B
- POC-LL-06-15B

Todos los puntos se encuentran localizados aguas abajo de los puntos de vertimiento.

Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de resultados de pH (6,36 – 8,91 unidades) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (10,29 mg/l) excedió el objetivo de calidad, sin embargo, la media es de 3,66 mg/ cumpliendo en el objetivo de calidad establecido (10mg/l); el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en algunos puntos, sin embargo, el promedio de 6,7 mg/l presenta cumplimiento; el promedio de alcalinidad (72,11 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez(2008), para la acidez valores promedio de 18,84 mg/l.

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles); en cuanto a compuestos de fosforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 5mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (8,34 mg/l) sin embargo no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l).



En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (0,16 mg/l); los cloruros presentaron de 6,47 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (8,34 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 1,45 mg/l.

En general se presentan concentraciones altas de sólidos totales con un valor promedio de 219 mg/l y para los disueltos de 165,1 mg/l.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.4.11 Arroyo Las Ánimas

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 8. El arroyo las Ánimas se ubica al sur del área analizada, en el área de influencia del expediente LAM3271, y recibe vertimientos mineros de este expediente. Aguas abajo se une al arroyo San Antonio para drenar hacia la ciénaga de Zapatosa. A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro y su comparación con los objetivos de calidad establecidos, de acuerdo con la información disponible de los años 2020 y 2022.

Tabla 19. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad arroyo Las Ánimas

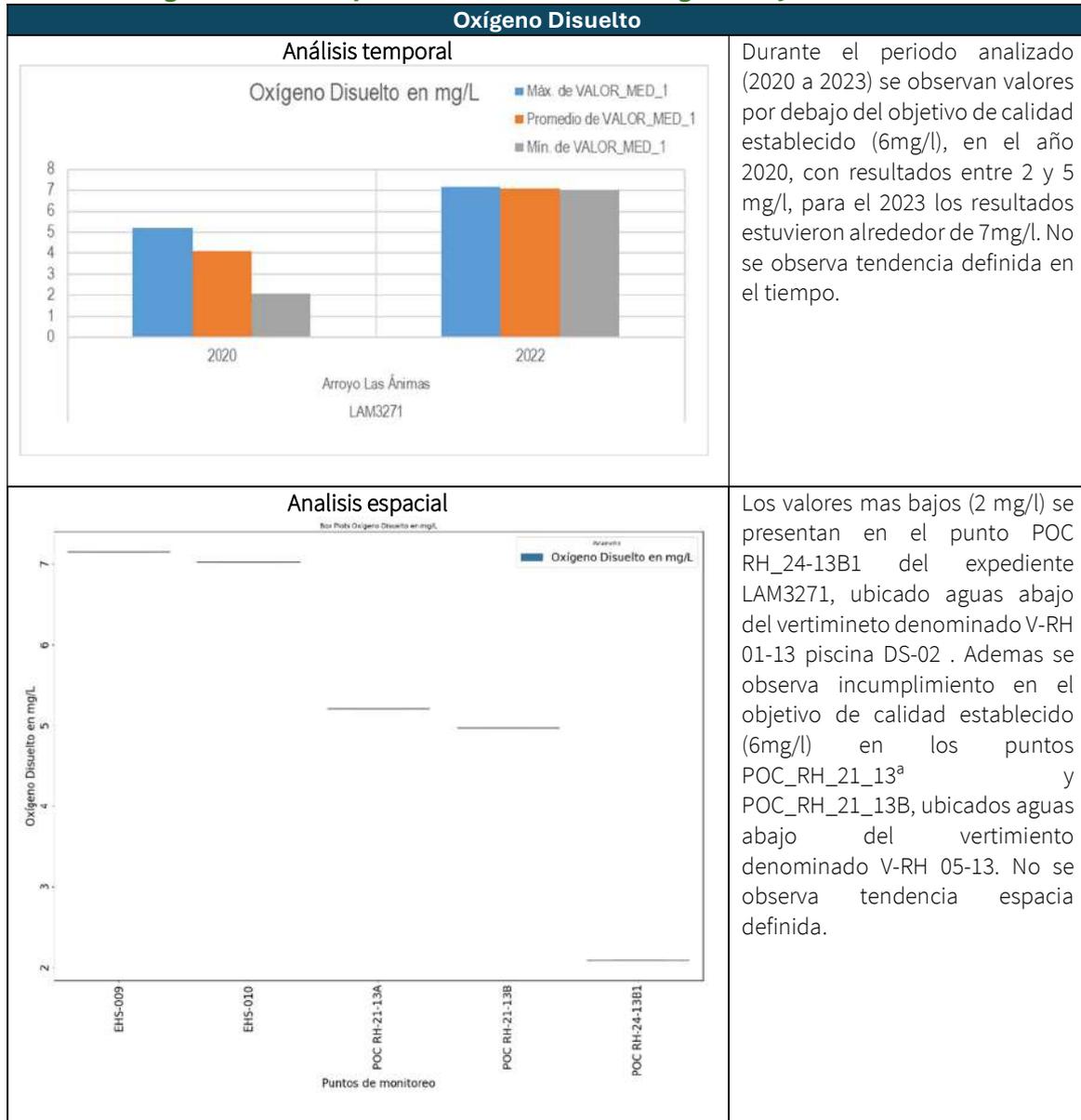
Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	54,43	149	109,256	48,5531	ND
Cloruros en mg/L	2,55	3,69	3,12	0,806102	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	130	310	220	127,2792	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	130	310	220	127,2792	2000
Conductividad en µS/cm	269	359	298	37,93415	ND
Fluoruros en mg/L	0,195	0,195	0,195		1
Fósforo Total en mg/L	0,098	0,114	0,106	0,011314	ND
Hierro en mg/L	0,2807	2,76	0,8594	1,067464	5
Nitratos en mg/L	0,07	0,552	0,2305	0,217626	10
Nitritos en mg/L	0,006	0,05	0,021333	0,024846	0,1
Ortofosfatos en mg/L	0,068	0,075	0,0715	0,00495	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	2,09	7,15	5,288	2,049468	6
Sólidos Disueltos en mg/L	201	204	202,5	2,12132	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	6	42	18,08	14,54826	50
Sólidos Totales en mg/L	222	226	224	2,828427	ND
Sulfatos en mg/L	7,68	8,251	7,9655	0,403758	ND
Temperatura en °C	26,7	28,9	28,12	0,975705	ND
Turbidez en NTU	9,8	38,6	17,92	11,88915	ND
Valor de pH	7,18	8,19	7,63	0,430174	6-9

Fuente: ANLA, 2024.

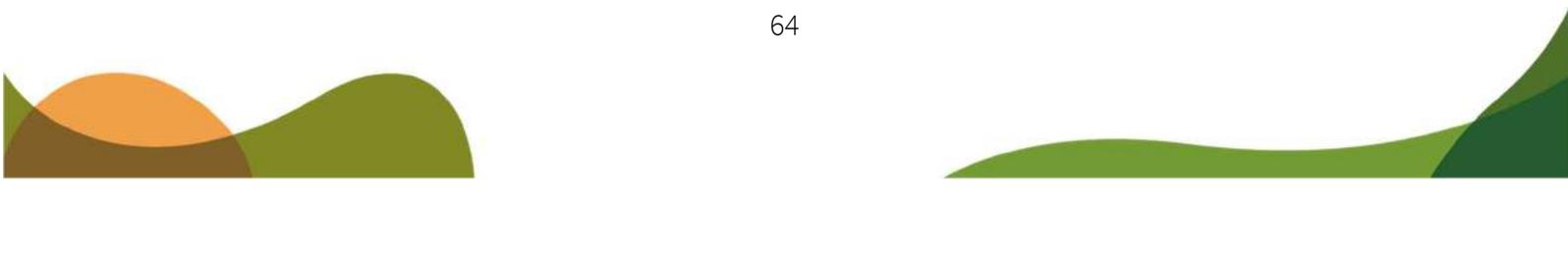


Según la tabla anterior, se observa incumplimiento de los objetivos de calidad en el oxígeno disuelto (6mg/l), a nivel de mínimos y promedios.

Figura 19 Análisis parámetros de calidad del agua arroyo Las Ánimas



Adicional a lo anterior, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el de pH (7,18 – 8,19 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); la conductividad está entre 270 y 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual es indicativo de mineralización media; el promedio de alcalinidad (109 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).



No se cuenta con información de los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles), se observan condiciones de eutrofia con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos >0.014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); en cuanto a los compuestos de nitrógeno los valores máximos son <0,6 mg/l para nitratos y <0,05 mg/l para nitritos el cual cumple el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l).

En cuanto a iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (1mg/l) con un único registro de 0,19 mg/l, los cloruros menores a 4 mg/l, y sulfatos menores a 9mg/l; respecto a metales y metaloides se cuenta con algunos registros de hierro que cumplen con objetivo establecido (5 mg/l). Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales cumplen los objetivos establecidos.

3.4.12 Ciénaga Mata de Palma

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 9. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2022, en la Tabla 20, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua de la ciénaga Mata de Palma, en el cual tienen presencia el expediente LAM0027.

Tabla 20. Valores estadísticos de la serie de datos analizada ciénaga Mata de Palma

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	612.75	431.00	850.00	192.58	NA
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	69.97	3.24	137.58	34.57	NA
Cloruros en mg/L	20.99	2.82	132.00	37.29	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	223.00	0.00	2300.00	627.16	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	318.50	0.00	2300.00	633.76	2000
Conductividad en µS/cm	445.15	0.20	822.00	219.26	NA
Cromo en mg/L	0.02	0.02	0.03	0.01	0.1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	7.55	0.01	26.04	5.28	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	35.31	1.30	120.85	27.48	30
Fluoruros en mg/L	0.16	0.15	0.17	0.01	1
Fósforo Total en mg/L	0.14	0.06	0.53	0.10	NA
Hierro en mg/L	1.33	0.11	7.04	1.84	5
Nitratos en mg/L	2.20	0.12	8.03	3.03	10
Nitritos en mg/L	0.03	0.01	0.09	0.02	0
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	2.16	1.10	5.00	1.21	NA
Ortofosfatos en mg/L	0.05	0.04	0.06	0.01	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	5.12	0.63	8.08	2.45	>6
Sólidos Disueltos en mg/L	237.55	22.00	510.00	144.30	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	36.21	3.50	294.00	62.24	50
Sólidos Totales en mg/L	243.59	22.00	596.00	164.71	NA
Sulfatos en mg/L	92.19	9.05	348.00	98.64	NA



Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Sulfuros mg/L	30.16	4.75	81.67	35.73	NA
Temperatura en °C	30.52	10.20	35.30	3.98	NA
Turbidez en NTU	24.87	4.46	98.80	20.36	NA
Valor de pH	7.10	6.30	8.25	0.61	6-9

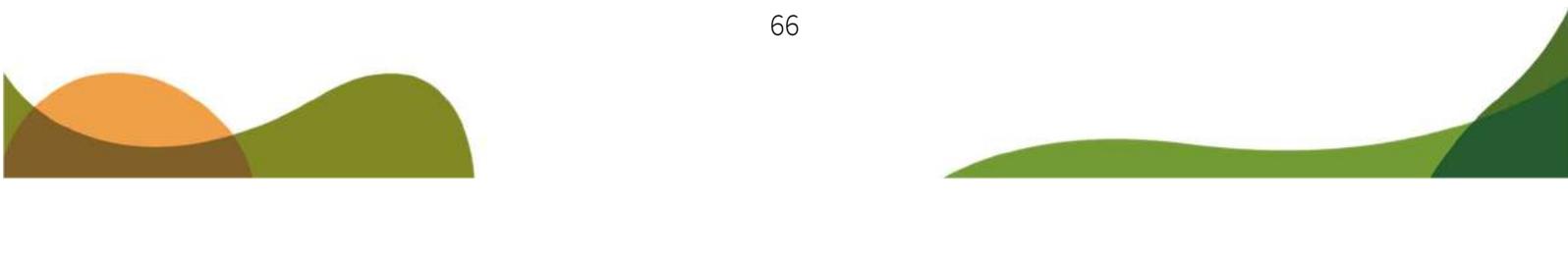
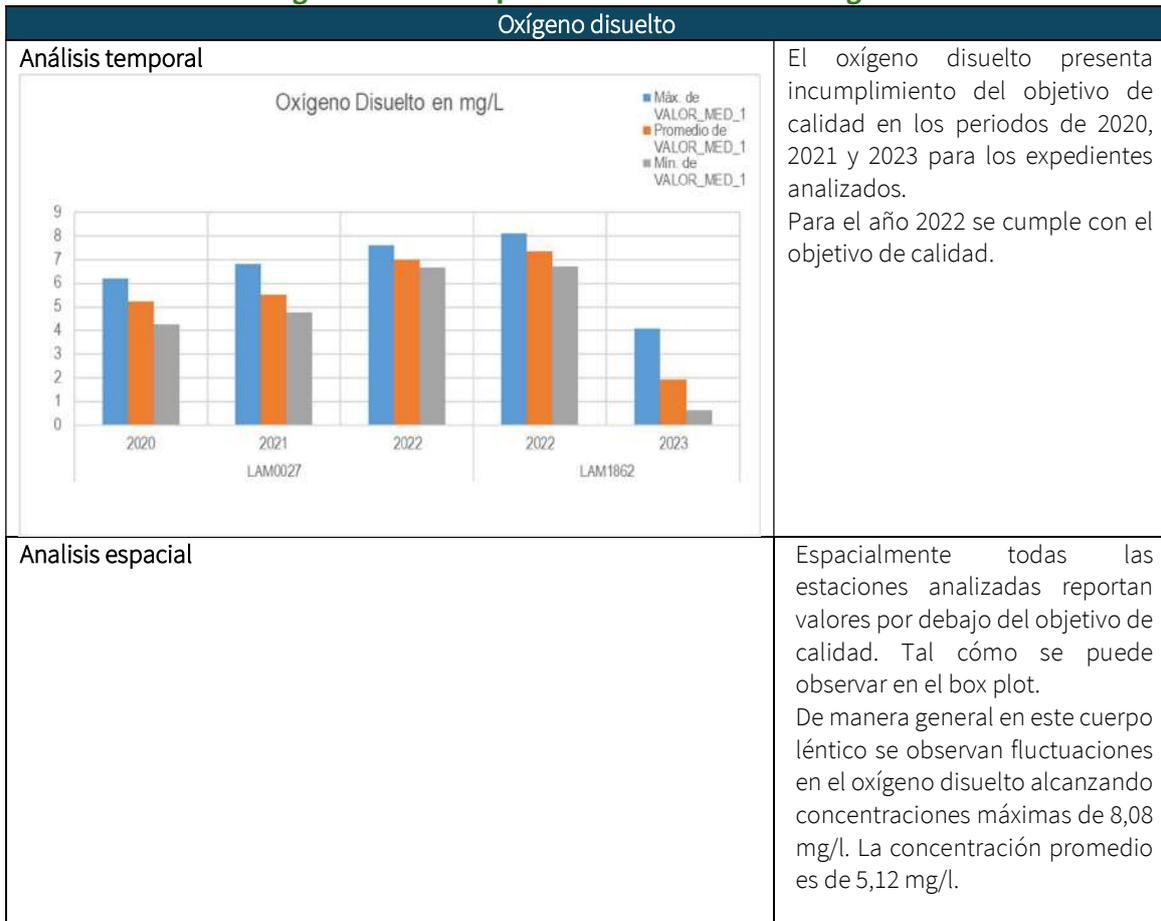
Fuente: ANLA, 2024.

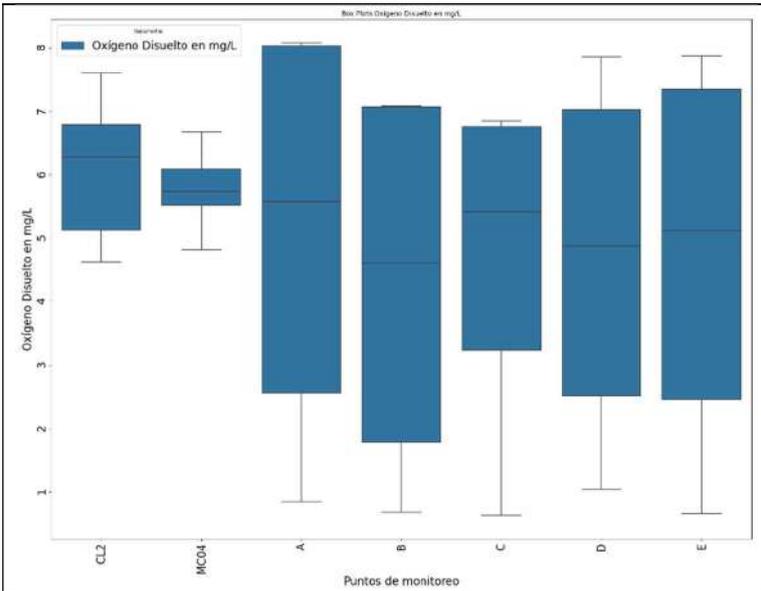
Respecto a los objetivos de calidad se presenta incumplimiento para los parámetros DQO y oxígeno disuelto respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros coliformes, SST y Hierro.

La conductividad con valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ presenta resultados en el rango alto según la Clasificación de Tarradellas (2006) y los sulfatos se encuentran en el nivel medio con valores entre 50-100 mg/l, según esta misma referencia.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

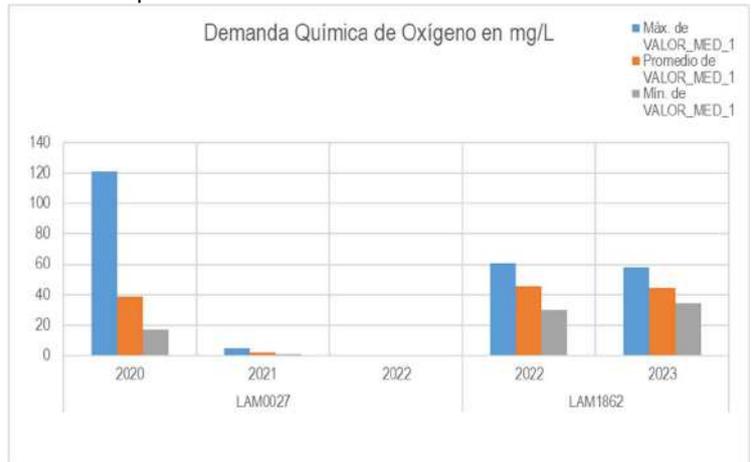
Figura 20 Análisis parámetros de calidad del agua





DQO

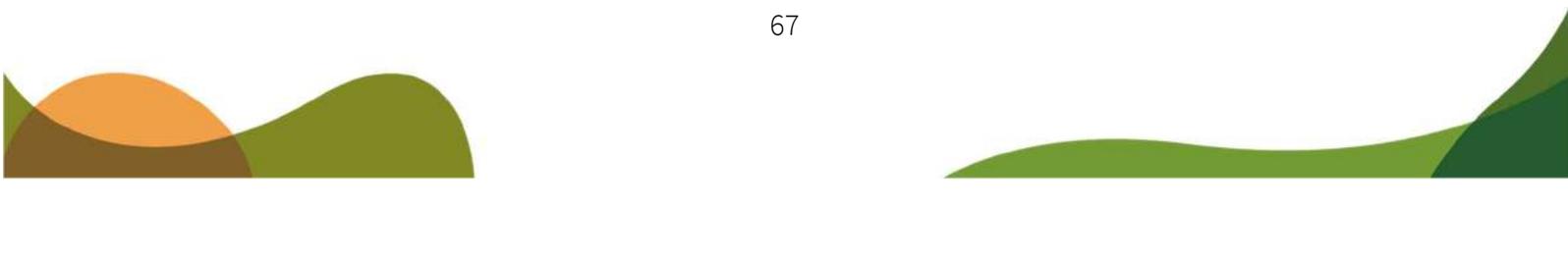
Análisis temporal

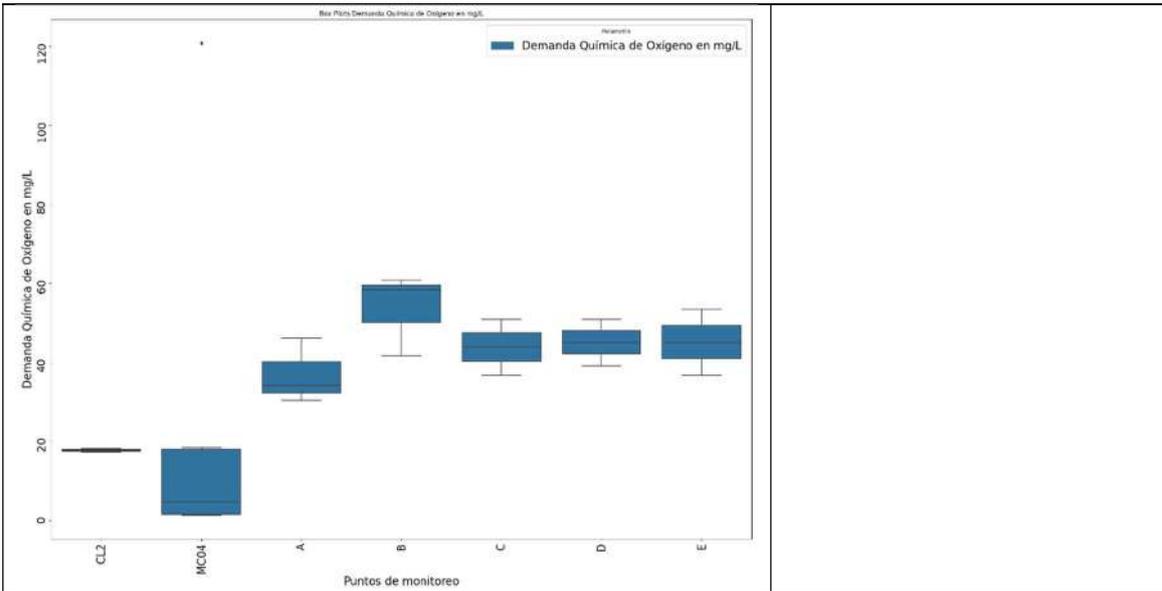


Las concentraciones más altas para la DQO se observan para el periodo de 2020. Para la cienaga se presente de manera generalizada incumplimiento del objetivo de calidad en todos los periodos de analisis a excepcion del año 2021.

Análisis espacial

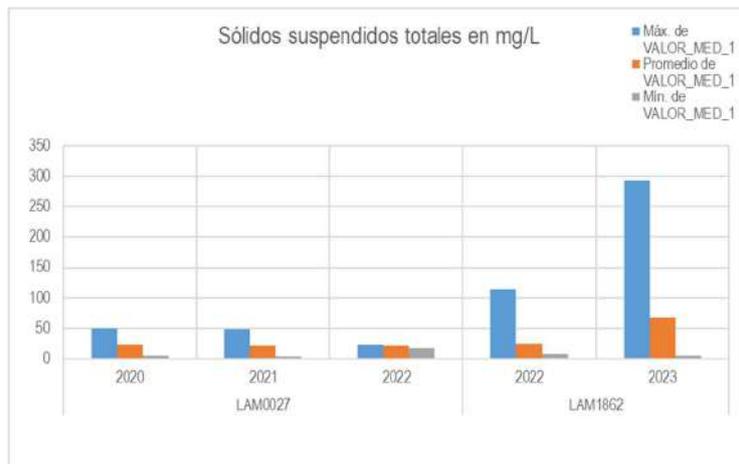
De acuerdo al analisis espacial en la cienaga el punto de muestreo con menores valores de DQO corresponde a CL2 que corresponde a la mitad de la cienaga. Para los demas puntos de monitoreo se presenta una DQO promedio de 45 mg/l.





Sólidos suspendidos totales

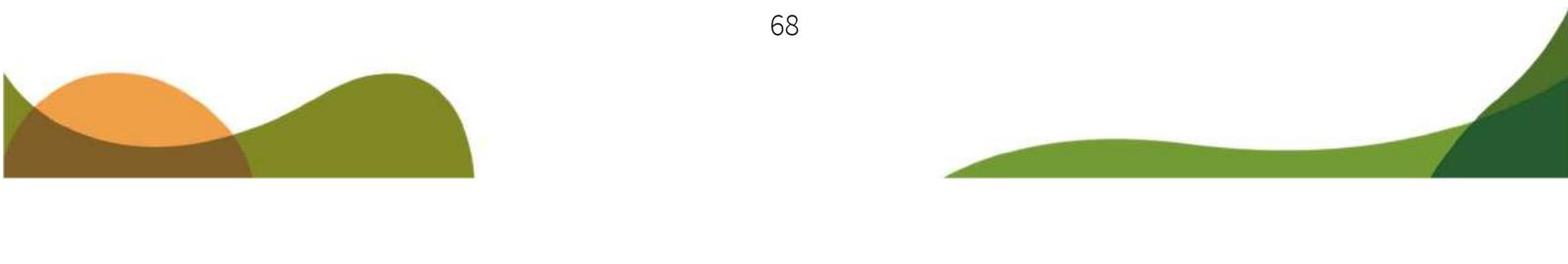
Análisis temporal

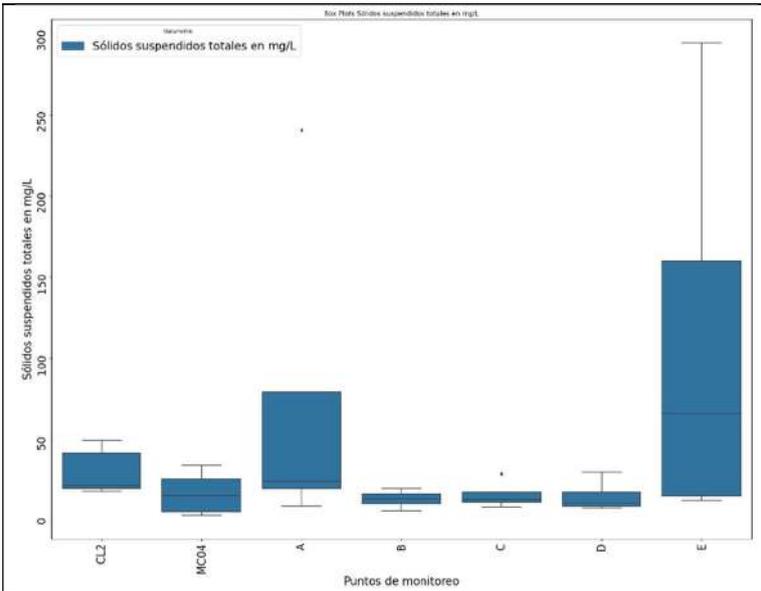


De acuerdo a lo observado el periodo que presenta las concentraciones más altas de SST corresponden al año 2023.

Análisis espacial

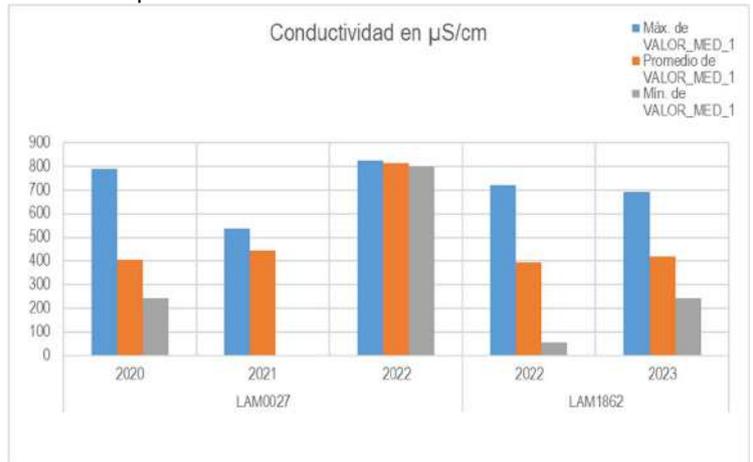
Especialmente se observa en el boxplot una concentración promedio de los SST de 24,42 mg/l. El punto de monitoreo que presenta las mayores concentraciones es el punto E, el cual corresponde al punto aguas abajo de la confluencia con el arroyo Paraluz.





Conductividad

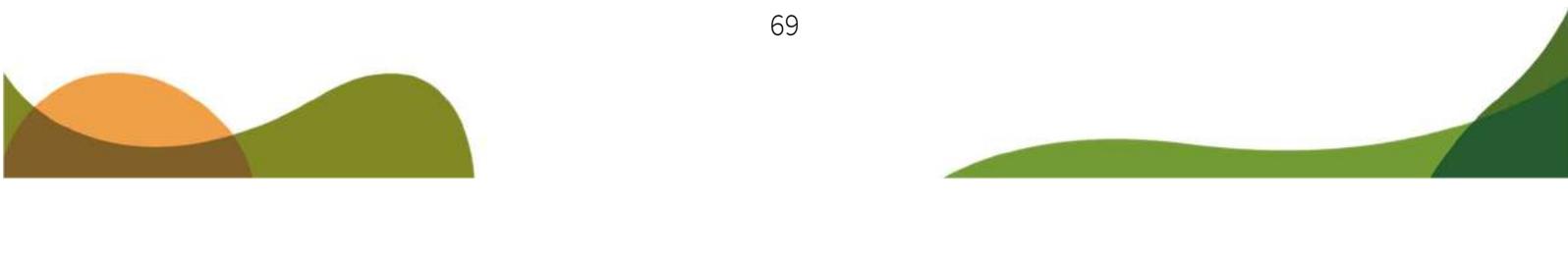
Análisis temporal

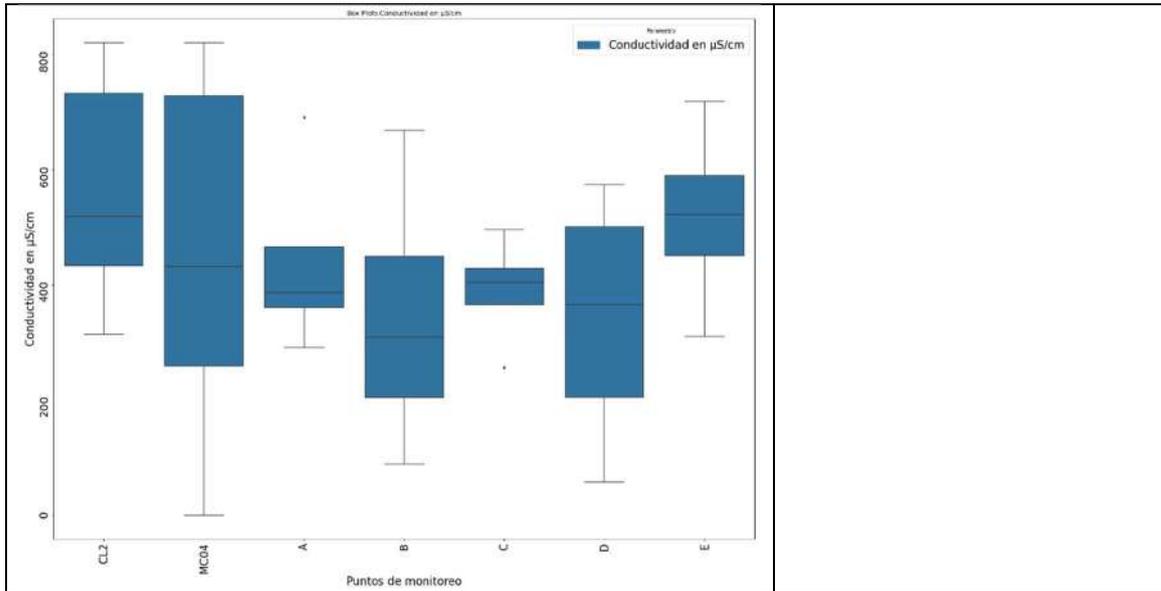


Para los periodos analizados se observa de manera general que la cienaga presenta concentraciones que sugieren resultados en el rango alto según la calificación de Tarradellas (2006) >200 ms/cm, para todos los años de análisis.

Análisis espacial

De acuerdo a lo observado en el box plot se presentan altas concentraciones de conductividad en todos los sitios de monitoreo.





Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de resultados de pH (6,3 – 8,3 unidades) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO5 (26,04g/l) presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l), sin embargo su concentración promedio es de 7,55 mg/l; el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad establecido(6mg) en todos los puntos de monitoreo; el promedio de alcalinidad (69,9 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de referencia (Roldan y Ramírez, 2008), para la acidez valores promedio de 612,8 mg/l.

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 5mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (28,03 g/l) sin embargo no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l).

En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (0,16 mg/l); los cloruros presentaron de 20,9 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (7,04 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 1,33 mg/l.

En general se presentan concentraciones altas de sólidos totales un valor promedio de 243,6 mg/l y para los disueltos de 237,55 mg/l.



Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.4.13 Caño Platanal – El Zorro

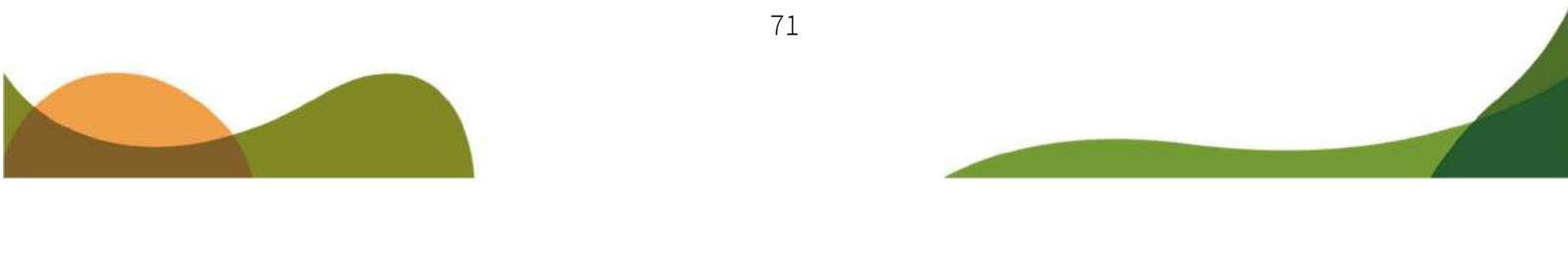
La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 10. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2022, en la Tabla 21, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua y cantidad del agua de caño Platanal y El Zorro. En el cual tiene presencia el expediente LAM3271.

Tabla 21. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño Platanal – El Zorro

Parámetro	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	189,83	45,48	280,98	59,13	NA
Caudal (Insitu) L/s	262,97	61,13	381,25	82,72	NA
Cloruros en mg/L	5,17	0,44	13,82	2,48	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	4325,00	1100,00	9200,0	3441,29	5000
Coliformes Totales en NMP/100ml	4325,00	1100,00	9200,0	3441,29	2000
Conductividad en µS/cm	259,37	33,60	754,00	193,17	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	3,04	2,02	5,64	1,32	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	23,53	19,68	30,07	4,52	<30
Fluoruros en mg/L	0,17	0,05	0,28	0,12	1
Fósforo Total en mg/L	0,26	0,14	0,41	0,11	NA
Hierro en mg/L	1,79	0,31	8,93	1,87	5
Nitratos en mg/L	0,52	0,13	0,82	0,22	<10
Nitritos en mg/L	0,01	0,01	0,02	0,01	<0,1
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	1,71	1,12	2,70	0,86	NA
Ortofosfatos en mg/L	0,15	0,11	0,20	0,04	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,14	2,72	10,86	2,16	>6
Sólidos Disueltos en mg/L	310,57	180,00	448,00	98,10	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	38,77	11,10	163,00	37,71	<50
Sólidos Totales en mg/L	404,14	304,00	628,00	112,25	NA
Sulfatos en mg/L	48,54	5,54	78,26	24,43	NA
Temperatura en °C	30,40	25,00	32,80	2,09	NA
Turbidez en NTU	37,02	7,35	142,00	38,83	NA
Valor de pH	8,22	7,41	8,87	0,45	6 a 9

Fuente: ANLA, 2024.

Respecto al incumplimiento de los objetivos de calidad se presenta para los parámetros coliformes totales, respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros coliformes fecales, DQO, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales.

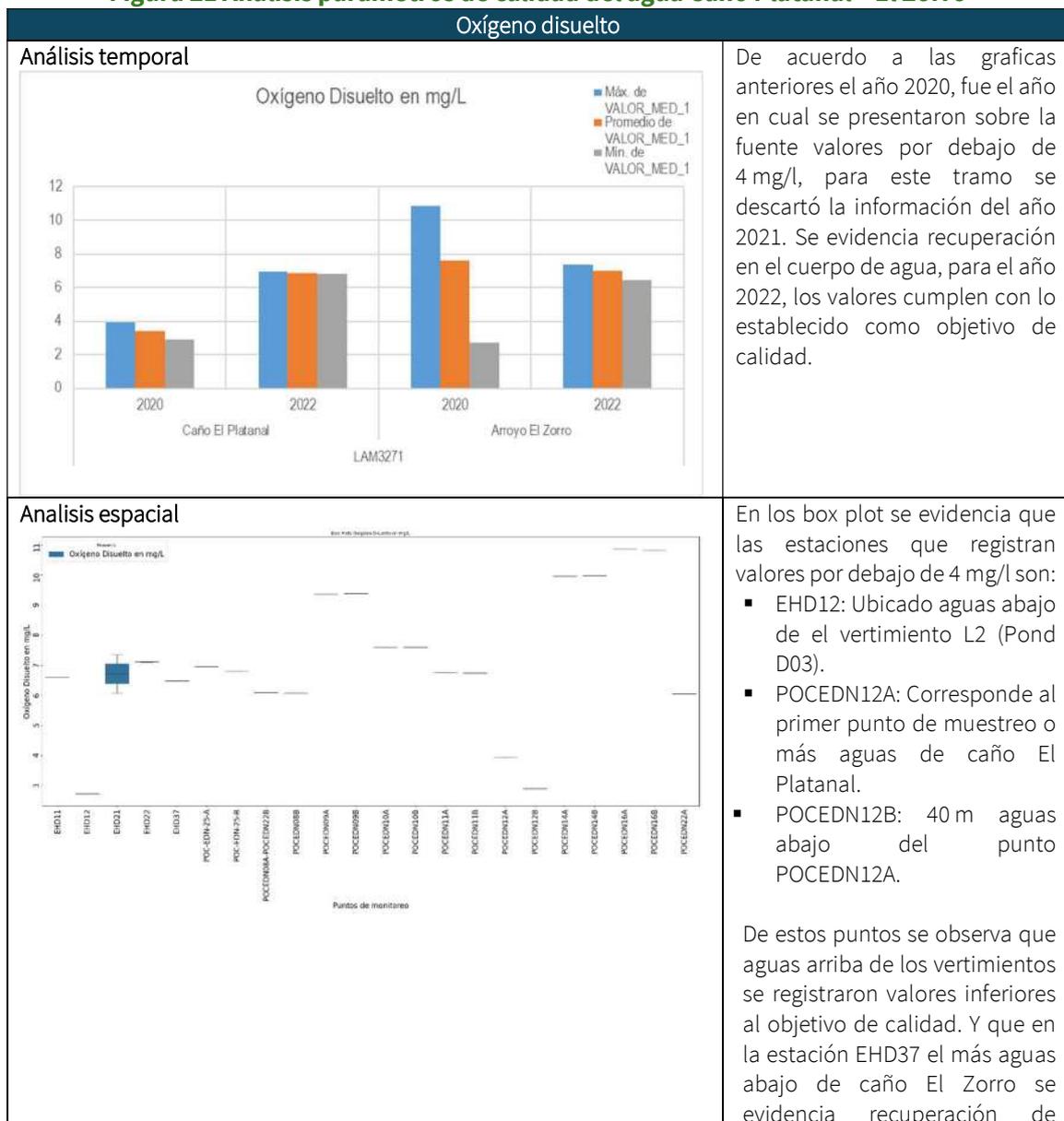


La conductividad con valores $>200 \mu\text{S}/\text{cm}$ presenta resultados en el rango alto según la clasificación de Tarradellas (2006) y los sulfatos presentan nivel medio con valores entre 50-100 mg/l, según esta misma referencia.

Respecto a metales pesados todos los reportes estuvieron por debajo del límite de detección.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

Figura 21 Análisis parámetros de calidad del agua Caño Platanal – El Zorro



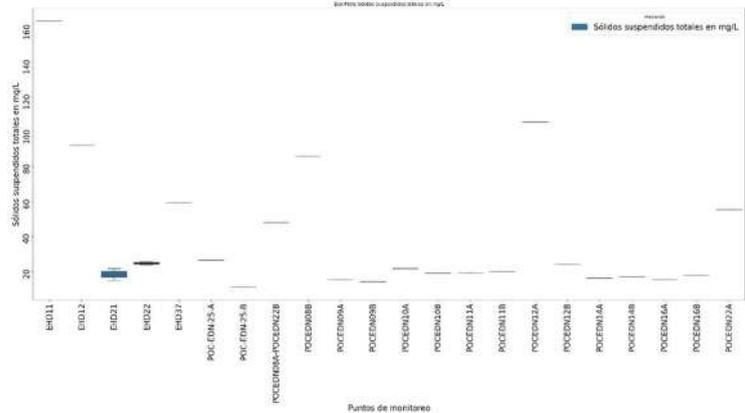


	oxígeno disuelto con valores promedio de 6.46 mg/l.
DQO	
<p>Análisis temporal</p> <p style="text-align: center;">LAM3271</p>	<p>Para el año 2020 se presenta un valor de 30,07 mg/l excediendo 0,07 mg/l el objetivo de calidad sin embargo los valores de la DQO para los años 2021 y 2022 se presentan por debajo del límite de detección.</p>
<p>Análisis espacial</p> <p style="text-align: center;">Puntos de monitoreo</p>	<p>Espacialmete solo se presentaron concentraciones mayores al límite de detección con un único valor para el año 2020 para las estaciones que se muestran en el box plot.</p>
Sólidos suspendidos totales	
<p>Análisis temporal</p> <p style="text-align: center;">LAM3271</p>	<p>Para el caso de los SST se observan valores para los años 2020 y 2022, no se encontraron valores para el año 2021 o fueron descartados por presentar datos anómalos. Los valores superiores al objetivo de calidad se presentaron durante los meses de junio, abril, agosto y noviembre, coincidiendo con meses de altas precipitaciones.</p>





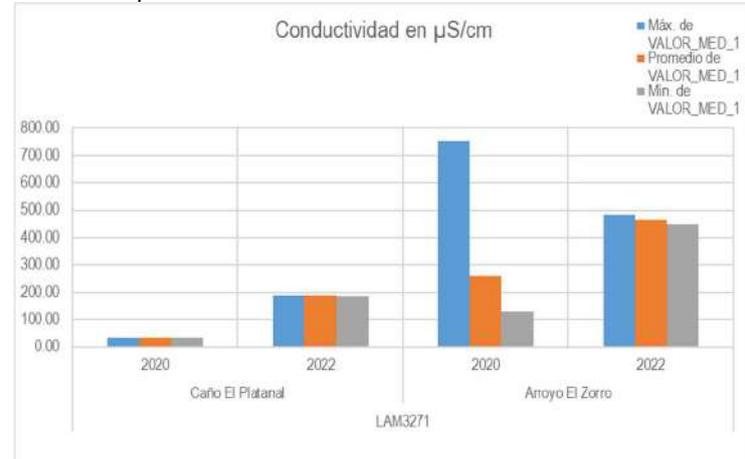
Análisis espacial



En la gráfica del box plot se observa en el punto POCEDN12A que es el punto de muestreo más aguas arriba que los valores promedio son de 64,7 mg/l, excediendo los valores del objetivo de calidad antes de los vertimientos. El promedio del tramo 1 es 38,77 mg/l.

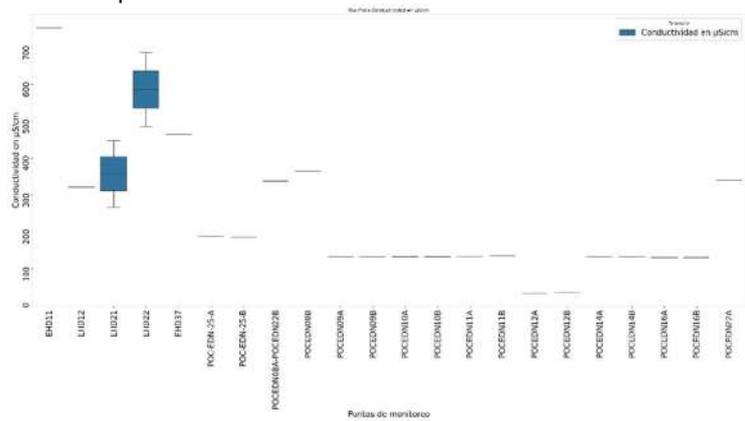
Conductividad

Análisis temporal



La conductividad presenta valores promedio en el tramo 1 de 259,37 µS/cm. Los valores mayores se presentaron para el 2020, sin embargo, para el 2022 el promedio presentó un valor de 354,2 mg/l

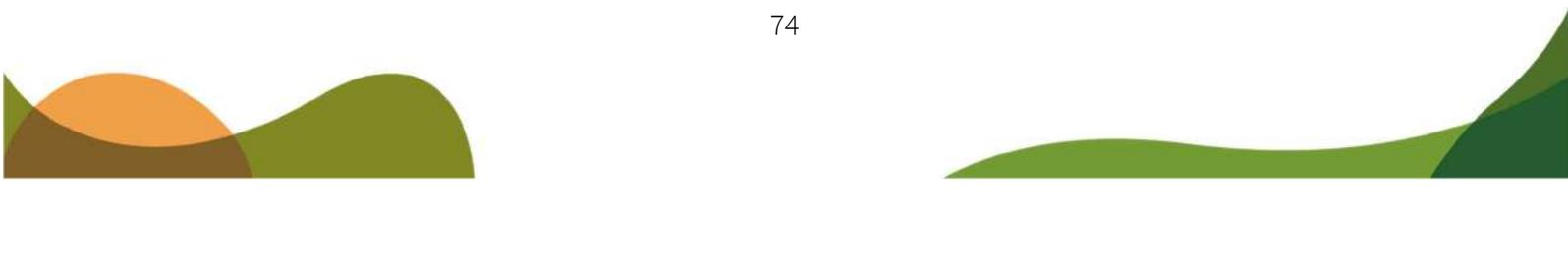
Análisis espacial



De acuerdo a lo reportado por el box plot se identifican que los valores más altos para la conductividad se presentaron en las estaciones:

- POCEDN22A
- POCEDN08B
- POCEDN08A-POCEDN22B
- EHD22
- EHD12
- EHD37: último punto de muestreo.

Siendo estos los puntos aguas abajo de los vertimientos, por lo tanto se evidencia un aumento de la conductividad aguas abajo del tramo 1 y de los vertimientos. Los puntos EHD12 y EHD22 que presentan los valores de mayores concentraciones.

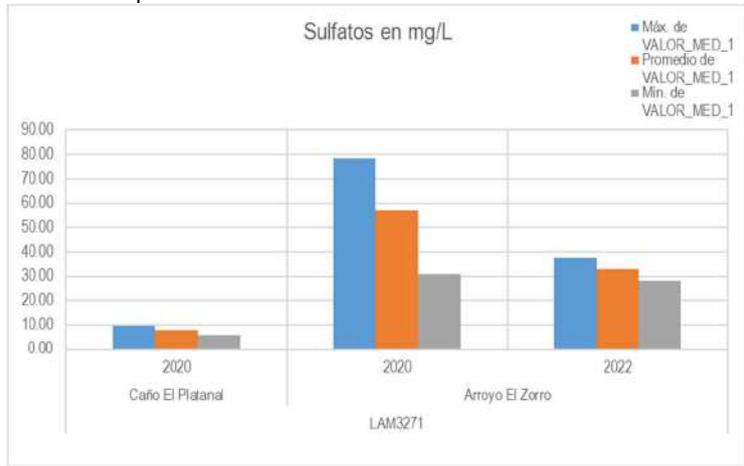




Se recomienda para este expediente LAM3271 la realización por parte del proyecto de un análisis temporal y espacial de la variable conductividad en sus puntos de monitoreo y vertimientos con el fin de establecer las causas de este incremento y así proponer las medidas correctivas necesarias.

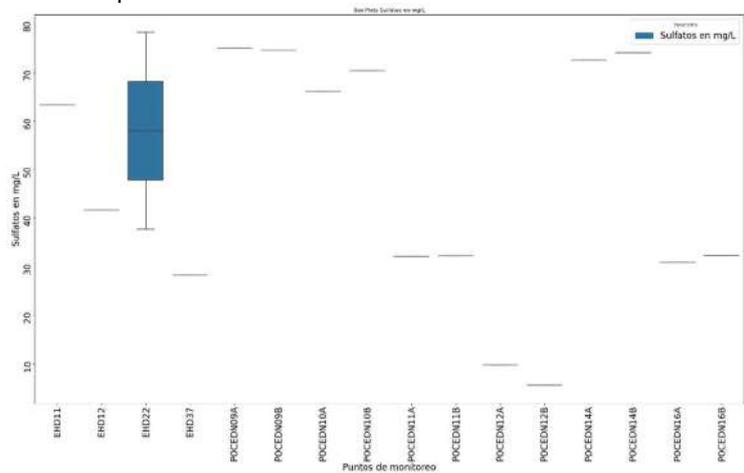
Sulfatos

Análisis temporal



Los sulfatos presentan valores promedio en el tramo de estudio de 48,5 mg/l. Los mayores valores se presentaron para el año 2020. Para el 2022 las concentraciones se encuentran por debajo de 40 mg/l.

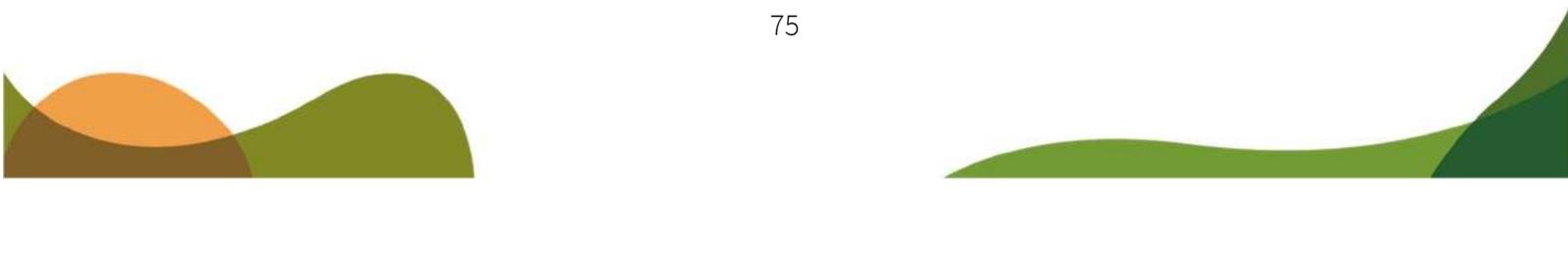
Análisis espacial



La estación que presenta mayor cantidad de registros y los valores más altos es EHD 22, estación cercana a las instalaciones de la mina de carbon del expediente LAM3271.

Fuente: ANLA, 2024.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de resultados de pH (7,4 – 8,87 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); el valor máximo de la DBO5 (5,64 mg/l) presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l); el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (6mg) en algunos puntos, sin embargo, el promedio de 7,1mg/l presenta cumplimiento del



objetivo; el promedio de alcalinidad (189,8 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración establecidos por Roldan y Ramírez (2008), y no se reportaron valores de acidez.

En cuanto al grupo de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles) no se reportaron en los muestreos de calidad para estos parámetros; en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/l y ortofosfatos > 0,014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 2mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), sin embargo no se presentó, incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,1 mg/l y 10 mg/l).

En cuanto a otros iones, los cloruros presentaron valor medio de 5,2 mg/l, no se presenta incumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (1mg/l); respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (8,93 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) en el punto POCEDN12A.

En general se presentan concentraciones altas de sólidos totales con un valor promedio de 404,14 mg/l, y de 310,6 mg/l para los sólidos disueltos.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos.

3.5 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio

A partir de la revisión de las variables estadísticas, cuyos resultados fueron presentados en el numeral anterior, se evidenció incumplimiento generalizado en objetivos de calidad de algunos parámetros y/o concentraciones elevadas en otros, por lo que estos parámetros fueron seleccionados para su análisis en conjunto con todos los cuerpos de agua y corresponden a: demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, conductividad eléctrica, sulfatos y coliformes totales, y oxígeno disuelto.

3.5.1 Demanda química de oxígeno

En la Figura 22 se presenta la variación de la demanda química de oxígeno para los diferentes tramos analizados.

La demanda química de oxígeno (DQO) es el parámetro más ampliamente utilizado para determinar el contenido de materia inorgánica en una muestra de agua. Es una medida importante para determinar el grado de alteración inorgánica y el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos.

En la Tabla 22 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 22. Rangos asociados con concentraciones de DQO en el agua superficial

Rango	Clasificación de la calidad
DQO<10	Excelente: No afectada
10<DQO<20	Buena calidad: Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable
20<DQO<40	Aceptable: Aguas superficiales con capacidad de depuración o con descargas de aguas residuales tratadas
40<DQO<200	Regular: Aguas superficiales con descargas de aguas residuales
DQO>200	Mala: Aguas superficiales con fuerte impacto de aguas residuales

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

En general, se evidencia que la concentración de la DQO en los tramos analizados se encuentra en concentraciones entre los 1,3 y 285 mg/L, con promedio de 40,7 mg/l se trata de aguas con condiciones de calidad entre aceptables y regular. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad se observa que, en la mayoría de los tramos analizados, no se cumplió con el objetivo establecido por CORPOCESAR (2018) para este parámetro (30 mg/l).

Se observa que las mayores concentraciones están en el Río Tucuy donde la mayoría de los datos están por debajo de 235 mg/l y promedio 89 mg/l, sin embargo, esto no se ve reflejado aguas abajo sobre el río Calenturitas donde el promedio es 53,8 mg/l el cual recibe este afluente, por lo que no se evidencia que se esté presentando acumulación de impactos en cuanto a este parámetro, dado que no se observa incremento en la concentración hacia aguas abajo.

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o que están dentro del área de influencia de los expedientes analizados, tampoco se observa acumulación en cuanto a este parámetro, dado que, si bien los valores son altos, específicamente en la ciénaga Mata de Palma, la mayoría de datos están por debajo de 60mg/l y promedio 35 mg/l, los resultados son menores que los observados en el caño Garrapata donde la mayoría están por debajo de 120 mg/l con promedio de 32 mg/l y que en el arroyo Paraluz, donde la mayoría están por debajo de 60 mg/l y promedio 38 mg/l, es decir no se observa incremento de la concentración de la DQO en la ciénaga Mata de Palma como cuerpo receptor de estos dos afluentes

En conclusión, a la luz de los datos analizados, si bien se observan impactos sobre la calidad del agua, dado que los resultados de la DQO indican concentraciones altas de este parámetro y clasificación de la calidad del agua entre aceptable y regular, dicha condición puede estar relacionada con diferentes aspectos como las actividades mineras y agrícolas entre otras que se desarrollan en el área analizada, así como por fuentes difusas; además no se evidencia en la matriz agua de manera directa acumulación en cuanto a este parámetro, dado que no se observa incremento en las concentraciones hacia aguas abajo, sino que puede estarse presentando una dilución por efectos de la escorrentía dado el incremento de caudales, lo cual favorece la reducción en las concentraciones hacia la parte baja de la

cuenca, y similar situación se presenta en las ciénagas receptoras de afluentes. No obstante, se considera que esto debe ser analizado de manera conjunta con los resultados de muestreos hidrobiológicos y sedimentológicos.

3.5.2 Sólidos suspendidos totales

En la Figura 23 se presenta la variación de los sólidos suspendidos totales o SST para diferentes tramos analizados. Los SST es un parámetro ampliamente utilizado para determinar la calidad del agua. Es una medida importante para determinar el grado de alteración y el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos. En la Tabla 23 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 23. 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: 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 3,5 y 2550 mg/L, y con promedio de 100 mg/l. Se trata de aguas con condiciones de calidad entre aceptables a regular. Lo anterior, puede ser causado por distintas actividades como por ejemplo descargas de agua residual domésticas e industriales con alto contenido de material suspendido, así como por fuentes difusas y por arrastre de sedimentos en épocas de lluvias o por efecto de la escorrentía. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, se observa que, en la mayoría de los tramos analizados, no se cumplió con el objetivo establecido por CORPOCESAR (2018) para este parámetro (50 mg/l).

Se observa que las mayores concentraciones están en el Río Calenturitas (promedio 167 mg/l y máximo 2550 mg/L) lo cual puede ser consecuencia de las descargas mineras (recibe vertimientos mineros de los expedientes LAM2622, VAR0032 y VAR0040), así como por fuentes difusas de actividades agrícolas y pecuarias entre otras, arrastre de sedimentos en épocas de lluvias y por efecto de la escorrentía, así como por las afluencias que recibe del Río Tucuy (promedio 133 mg/l), y este a su vez del Río Sororia (promedio 27,45 mg/l) y del Caño Canime (176 mg/l), lo cual se ve reflejado aguas abajo sobre el río Calenturitas con incremento en las concentraciones, y por lo tanto se observa acumulación en cuanto a este parámetro en la cuenca del río Calenturitas.

Sin embargo, en los demás tramos analizados (cuerpos de agua fuera de la cuenca del río Calenturitas), las concentraciones son menores. Adicionalmente por su distribución en el área analizada, no se observa efecto acumulativo en los demás cuerpos de agua.

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o están en el área de influencia de los expedientes analizados, no se observa de directa la acumulación en cuanto a este parámetro, dado que, en la ciénaga Mata de Palma (promedio 36 mg/l), que recibe al Caño Paraluz, (promedio 45 mg/l) y al caño Garrapata (promedio de 46 mg/l), no se observa incremento en la concentración como receptor de estos afluentes.

En conclusión, a la luz de los datos analizados, se observan impactos sobre la calidad del agua para los tramos analizados, dado que los resultados de los SST indican calidad entre aceptable y regular, de acuerdo con la escala de comparación utilizada, y se evidencia además de manera directa la acumulación en cuanto a este parámetro en la cuenca del río Calenturitas en la matriz agua, hecho que no se presenta en las ciénagas, ni en los otros tramos fuera de la cuenca del río Calenturitas.

3.5.3 Conductividad

En la Figura 24 se presenta la variación de la conductividad para para los diferentes tramos analizados. La conductividad es una medida importante para determinar el grado de mineralización y el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos.

En la Tabla 24 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro, y en la Tabla 25 la clasificación según el grado de mineralización

Tabla 24. Rangos asociados con concentraciones de conductividad en el agua superficial

Parámetros	Unidades	Rangos de concentración		
		Bajo	Medio	Alto
Conductividad eléctrica	μS/cm	<100	100-200	>200

Fuente: (Tarradellas, 2006), 2013. Adaptado por ANLA, 2024.

Tabla 25. Relación de conductividad en el agua y el grado de mineralización

Rango CE	Clasificación Mineralización
<100 μS/cm	Muy débil
100 μS/cm < CE < 200 μS/cm	Débil
200 μS/cm < CE < 333 μS/cm	Media
333 μS/cm < CE < 666 μS/cm	Media acentuada
666 μS/cm < CE < 1000 μS/cm	Importante
>1000 μS/cm	Elevada

Fuente: Rodier, Legubre, Merlet ((2010). Adaptado por ANLA, 2024.

Se evidencia que cuanto, a la conductividad en los tramos analizados, se encuentran concentraciones de hasta 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con promedio de 644 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo que se trata de aguas en el rango alto según la literatura consultada y condiciones de mineralización entre importante y elevada. Lo anterior, puede ser causado por descargas de agua residual de origen doméstico e industrial, por fuentes difusas, como consecuencia de actividades agrícolas y pecuarias, entre otras, así como por condiciones naturales de origen geológico.

Se observa que las mayores concentraciones están en el Caño Canime (la mayoría de los datos están por debajo de 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedio 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sin embargo esto no se ve reflejado aguas abajo sobre el río Tucuy (la mayoría de los datos están por debajo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedio 457 $\mu\text{S}/\text{cm}$) el cual recibe este afluente, ni en el río Calenturitas (la mayoría de los datos están por debajo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedio 418 $\mu\text{S}/\text{cm}$) el cual recibe al Río Tucuy, por lo que no se considera que se esté presentando acumulación de impactos en cuanto a este parámetro, sino que puede estarse presentando una dilución por efectos de la escorrentía el incremento natural de los caudales hacia aguas abajo, lo cual favorece la reducción en las concentraciones hacia la parte baja de la cuenca. Similar situación se observa con el Caño Santacruz que es afluente al río Sororia, teniendo el primero mayores registros de conductividad que el segundo.

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o están en el área de influencia de los expedientes analizados, tampoco se observa acumulación en cuanto a este parámetro, dado que, si bien los valores son altos, específicamente en la ciénaga Mata de Palma (la mayoría de datos están por debajo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con promedio 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$), es menor que lo observado en el caño Garrapata (la mayoría están por debajo de 1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con promedio de 365 $\mu\text{S}/\text{cm}$), pero similar a lo observado en el arroyo Paraluz (la mayoría están por debajo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedio 286 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En conclusión, a la luz de los datos analizados, si bien se observan impactos importantes sobre la calidad del agua, dado que los resultados de la conductividad indican resultados en el rango alto según la literatura consultada y mineralización entre importante y elevada, no se evidencia en la matriz agua de manera directa acumulación en cuanto a este parámetro. Sin embargo, se considera que esto debe ser analizado de manera conjunta con los resultados de muestreos hidrobiológicos y sedimentológicos.

3.5.4 Sulfatos

En la Figura 25 se presenta la variación de los sulfatos para los tramos analizados. Los sulfatos son muy abundantes en la naturaleza y su presencia en el agua varía en algunas centenas de miligramos por litro; generalmente su concentración depende de la concentración del sulfato de hierro o similares presentes en el suelo o en lechos rocosos de ríos. Se sabe que la explotación de pirita en minas conduce a un incremento del ion sulfato en agua debido principalmente a los procesos de oxidación. Los sulfatos en concentraciones superiores a

los 200 mg/L favorecen la corrosión de los metales y cambian el sabor al agua (en menor medida que los cloruros y carbonatos).

En la Tabla 26 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 26. Rangos asociados con concentraciones de sulfatos en el agua superficial

Parámetros	Unidades	Rangos de concentración		
		Bajo	Medio	Alto
Sulfatos	Mg/l	<50	50-100	>100

Fuente: (Tarradellas, 2006), 2013. Adaptado por ANLA, 2024.

En general, se evidencia que la concentración de sulfatos en la cuenca y tramos analizados se encuentran en entre 1 y 2438 mg/L, con promedio de 272 mg/l, por lo que los resultados se encuentran en el rango alto según la literatura consultada. Lo anterior puede ser consecuencia de las descargas mineras o por fuentes difusas como consecuencia de actividades agrícolas y pecuarias, entre otras, así como por condiciones naturales de origen geológico que se presentan sobre estos cuerpos de agua.

Se observa que, al igual que con la conductividad, las mayores concentraciones de sulfatos están en el Caño Canime (promedio 729 mg/l y máximo 2438 mg/L). En las fuentes aledañas como el río Santa Cruz también se observan valores altos (máximo 1946 mg/l y promedio 496 mg/l), sin embargo en el Río Sororia que recibe las afluencias del Santa Cruz los valores observados son bajos (promedio 6,3 mg/l) y el río Tucuy que recibe las afluencias de caño Canime presenta valores menores (promedio de 176 mg/l y máximo 1651 mg/l); por su parte, el río Calenturitas que recibe al Río Tucuy, presenta promedios de 157 mg/l y máximo 1666 mg/l, por lo tanto, no se evidencia incremento en la concentración de sulfatos hacia aguas abajo.

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o están en el área de influencia de los expedientes analizados, no se observa de manera directa la acumulación en cuanto a este parámetro, dado que, si bien los valores son altos, específicamente en la ciénaga Mata de Palma (máximo 348 mg/l y promedio 92 mg/l), que recibe al Caño Paraluz, (máximo 375 mg/l y promedio 83 mg/l) y al caño Garrapata (máximo de 367 mg/l y promedio 209 mg/l), los valores observados en esta ciénaga son menores que en sus afluentes.

En conclusión, a la luz de los datos analizados, se observan impactos sobre la calidad del agua para los cuerpos de agua analizado, dado que los resultados de los sulfatos indican concentraciones altas según la escala de comparación utilizada, sin embargo, no se evidencia en la matriz agua la acumulación en cuanto a este parámetro, ni en los cuerpos lóticos ni en las ciénagas.



3.5.5 Oxígeno disuelto

En la Figura 26 se presenta la variación del oxígeno disuelto para diferentes tramos analizados. 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 27 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 27. Rangos asociados con concentraciones de oxígeno disuelto en el agua superficial

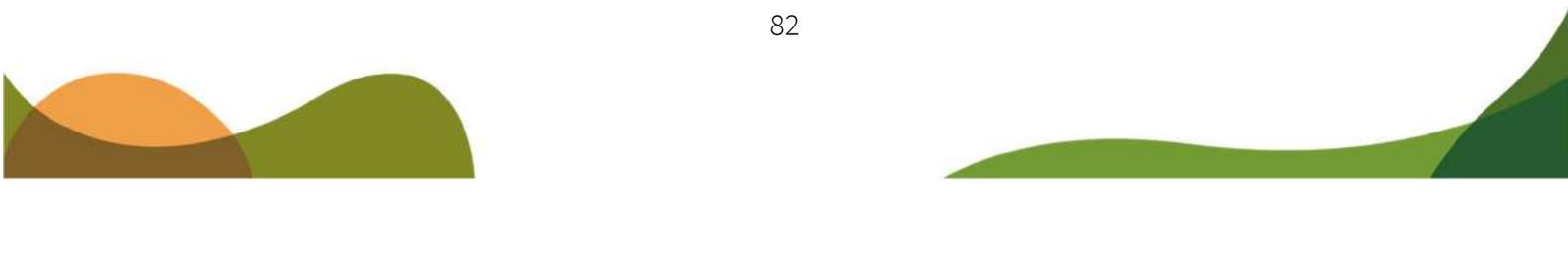
Rango	Clasificación de la calidad
0,0 - 4,0	Mala, algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 +	Excelente

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 0,63 y 10,83 mg/L, con promedio de 6,86 mg/l se trata de aguas con condiciones de calidad entre aceptable y buena, aunque en algunos cuerpos de agua se han presentado concentraciones en el rango de mala calidad. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, se observa que en la mayoría de ellos tramos analizados, Se cumplió con el objetivo (6mg/l) establecido por CORPOCESAR (2018) para este parámetro, no obstante, en algunos casos específicos se presentó incumplimiento en sus valores mínimos.

Los valores más bajos de oxígeno disuelto se han presentado en la ciénaga Mata de Palma, siendo el mínimo 0,63 mg/l y promedio 5,12, lo cual implica que no cumple con el objetivo de calidad establecido por CORPOCESAR (>6mg/l), incluso a nivel de promedios, sin embargo, el rango de calidad para promedios estaría en el nivel aceptable y además en cumplimiento de los criterios para preservación de flora y fauna (>4mg/l) del decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.3.9.10 (Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, consagra aspectos normativos referentes a criterios de calidad para preservación de flora y fauna.)

Otros cuerpos de agua que han presentado valores bajos de oxígeno disuelto (< 4 mg/l) son Arroyo las Animas (mínimo 2,09 mg/l y promedio 5,28mg/l), Arroyo Garrapata (mínimo 3,12 mg/l y promedio 4,74mg/l) y arroyo Paraluz (mínimo 3,28 mg/l y promedio 5,19 mg/l). En todos estos, se presenta una situación similar que en la ciénaga Mata de Palma donde a nivel de promedios se ubica en el rango aceptable, y los valores mínimos se encuentran en calidad mala. Vale la pena recordar que los arroyos Paraluz y Garrapata son afluentes a la Ciénaga Mata de Palma.



Lo anterior, puede ser causado por la reducción de las velocidades en los cuerpos lénticos, ya que el agua en movimiento tiene una mayor tasa de intercambio de oxígeno que el agua quieta, por lo que, en general, los cuerpos lóticos tienen mayores niveles de oxígeno disuelto, adicionalmente la materia orgánica en descomposición, como hojas, plantas y animales muertos, consume oxígeno disuelto, situación que es común en las ciénagas, en cuanto a los arroyos, además de las causas anteriores, esta situación puede ser causada por descargas de aguas residuales industriales provenientes de actividades mineras y agropecuarias de la zona, cuyos componentes que consumen el oxígeno disuelto en el agua.

En conclusión, a la luz de los datos analizados de oxígeno disuelto, se observan condiciones de calidad entre aceptable y buena en la mayoría de los cuerpos de agua, por su parte en las ciénagas Mata de Palma y sus afluentes Arroyos Paraluz y Garrapata, así como en el arroyo las Ánimas se han presentado de manera esporádica algunos valores que indican condiciones de calidad mala.

3.5.6 Coliformes totales

En la Figura 27 se presenta la variación de los coliformes totales para diferentes tramos analizados. 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 160000 NMP/100ml, con promedio de 8455 NMP/100ml, por lo que se trata de aguas cuyas condiciones de calidad no permiten su destinación para consumo humano y agrícola, dado que además de no cumplir con el objetivo de calidad establecido por CORPOCESAR (2000 NMP/100ml), tampoco cumple los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015 (Decreto único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante el cual se consagra aspectos normativos referentes al tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico del agua y otros) para los 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 río Tucuy (promedio 13000 NMP/100ml y máximo 92000 NMP/100ml) y en el caño Caimancito (promedio 12700 NMP/100ml y máximo 130000 NMP/100ml). Por su parte en el caño Canime y en el Santa cruz, se presentaron los registros máximos de 160000 NMP/100ml, sin embargo, a nivel de promedios en estos cuerpos de agua se tienen los mismo ordenes de magnitud que el promedio general (7300 NMP/100ml y 8300 NMP/100ml respectivamente).

Si bien los valores reportados se consideran altos, y limitan los usos del agua en la cuenca, no se observa que se esté presentando acumulación de impactos, esto teniendo en cuenta que a pesar de que las mayores concentraciones (a nivel de promedios) se presentan en el Río Tucuy, el caño Santa Cruz y caño Canime, no observa incremento en los resultados aguas

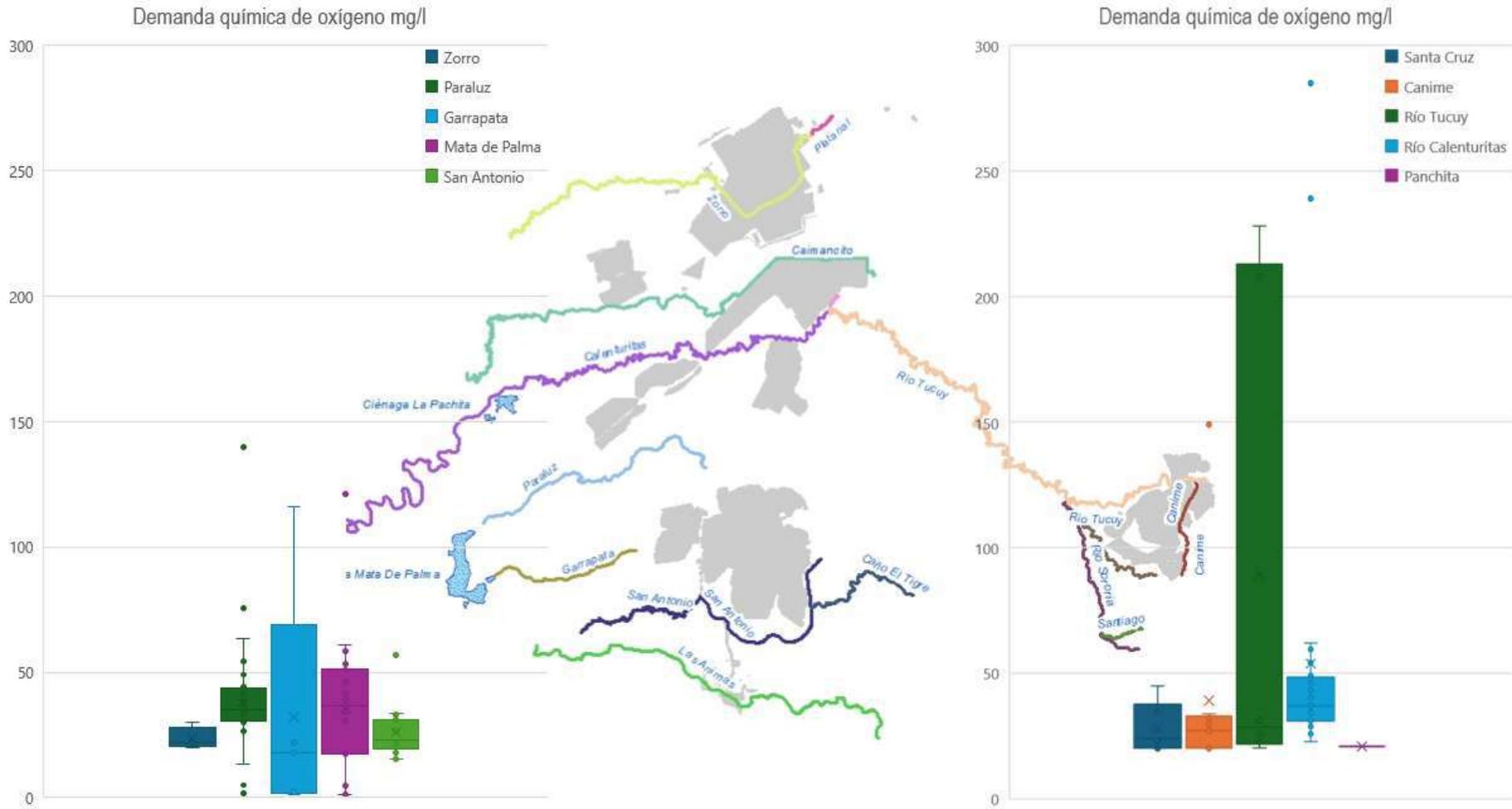
abajo sobre el río Calenturitas donde los valores están en el mismo orden de magnitud del promedio general (8500 NMP/100ml).

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o están aledañas a las actividades mineras, no se observa de manera directa la acumulación en cuanto a este parámetro, en la ciénaga Mata de Palma se observan los promedios más bajos (318 NMP/100ml), la cual recibe al Caño Paraluz, (promedio 6253 NMP/100ml).

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 ni en las ciénagas en el área de influencia de los expedientes mineros.



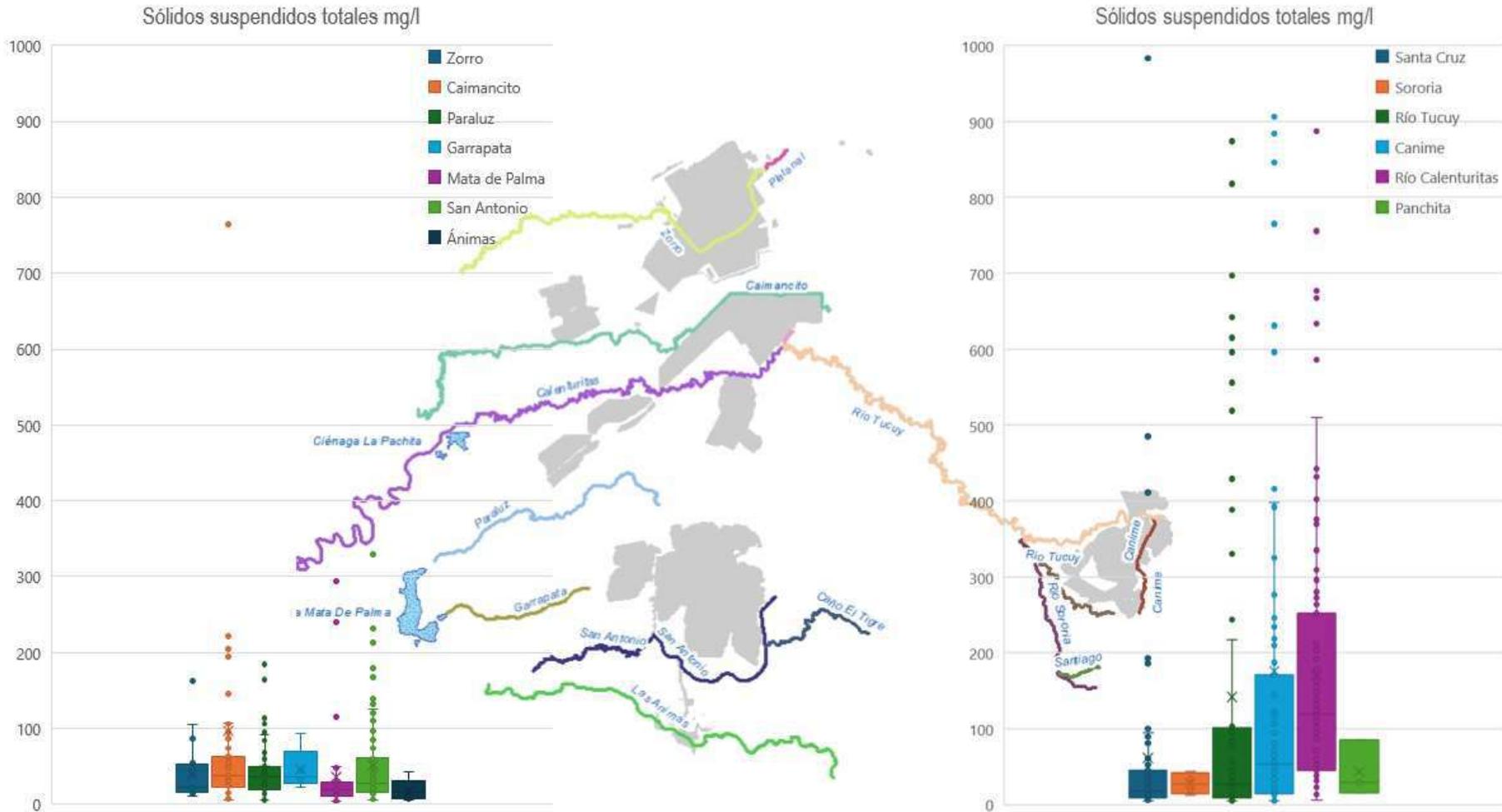
Figura 22. Variación de la demanda química de oxígeno en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024.



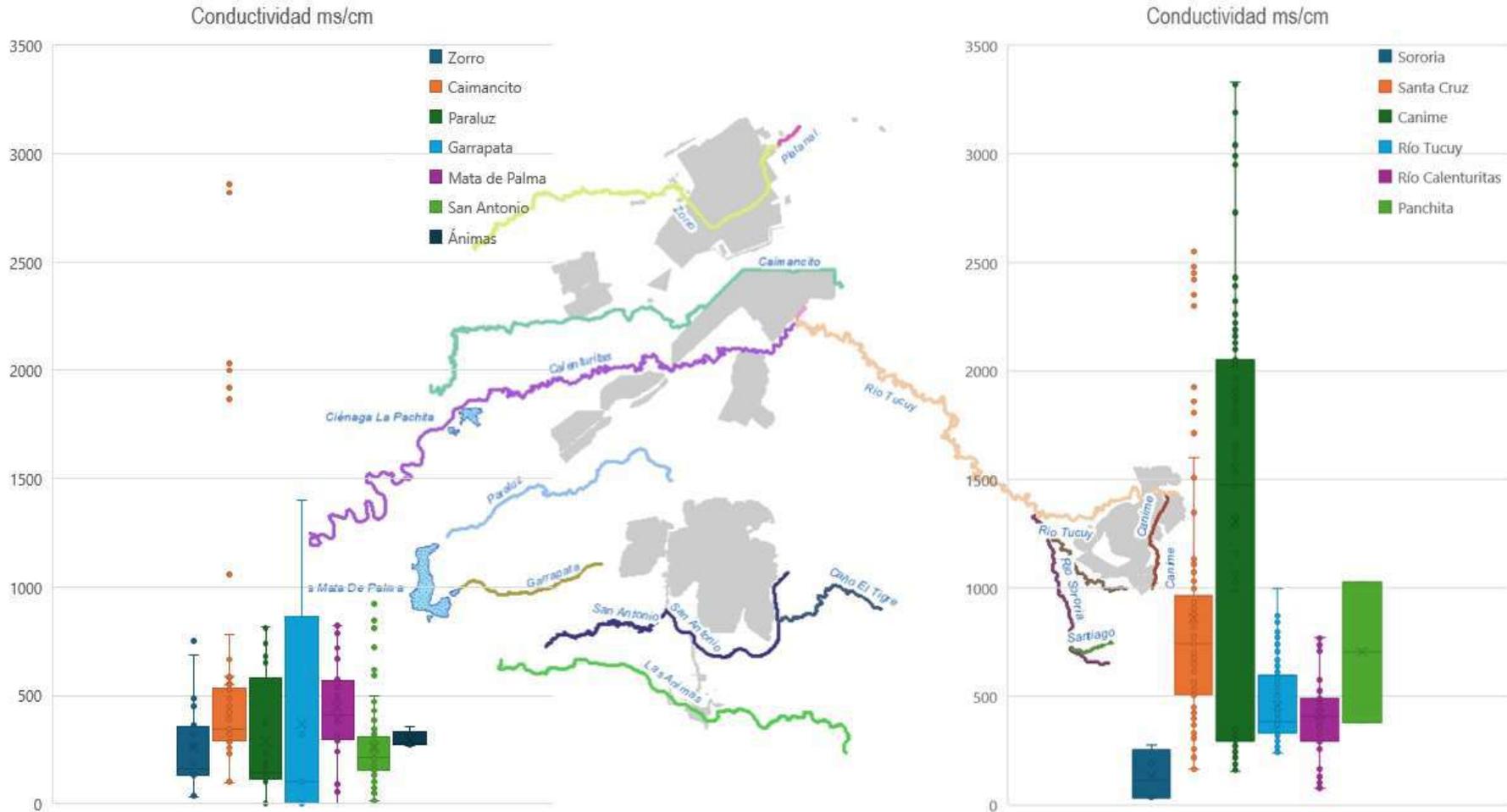
Figura 23. Variación de los sólidos suspendidos totales en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024.



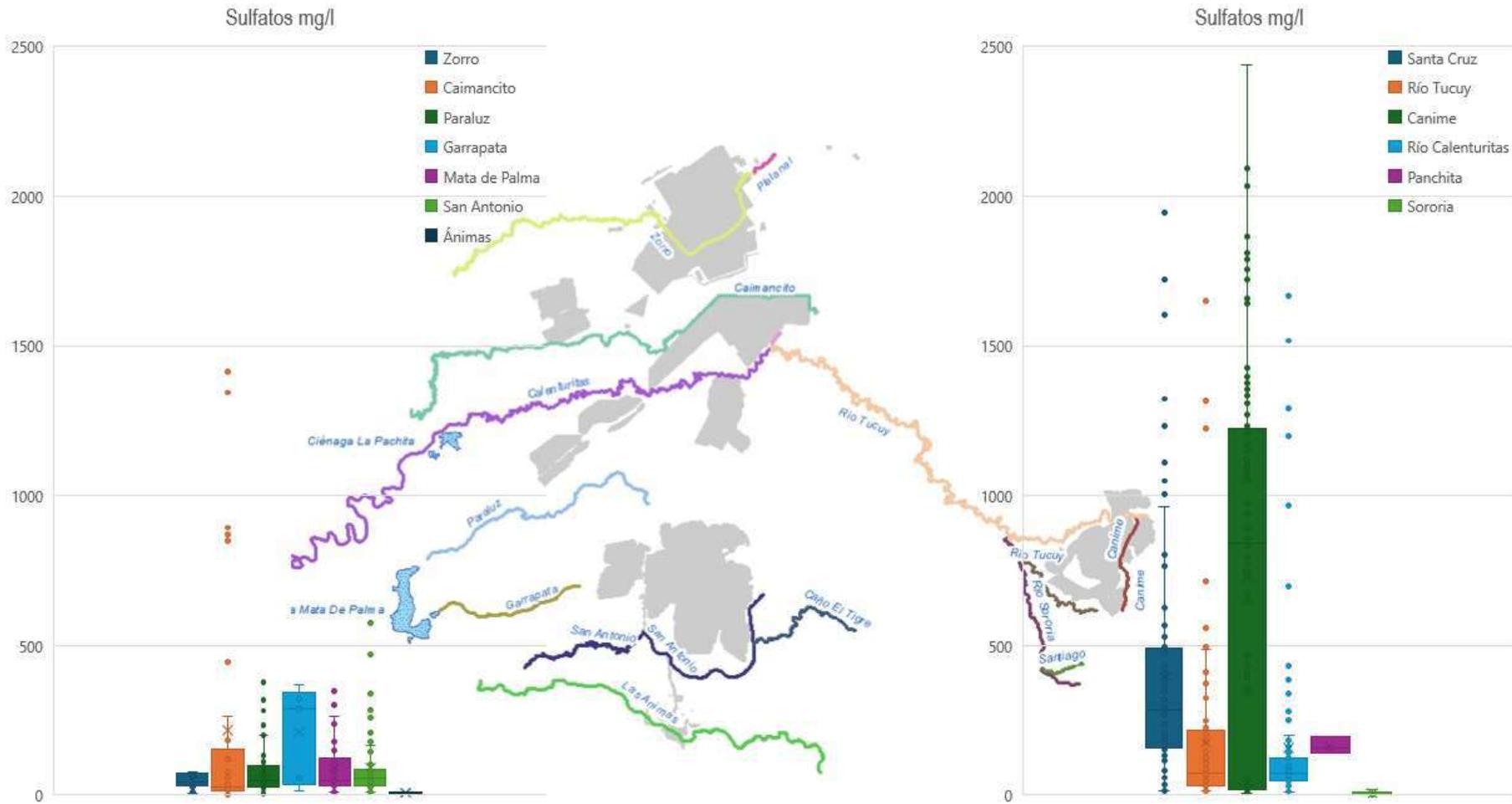
Figura 24. Variación de la conductividad en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024



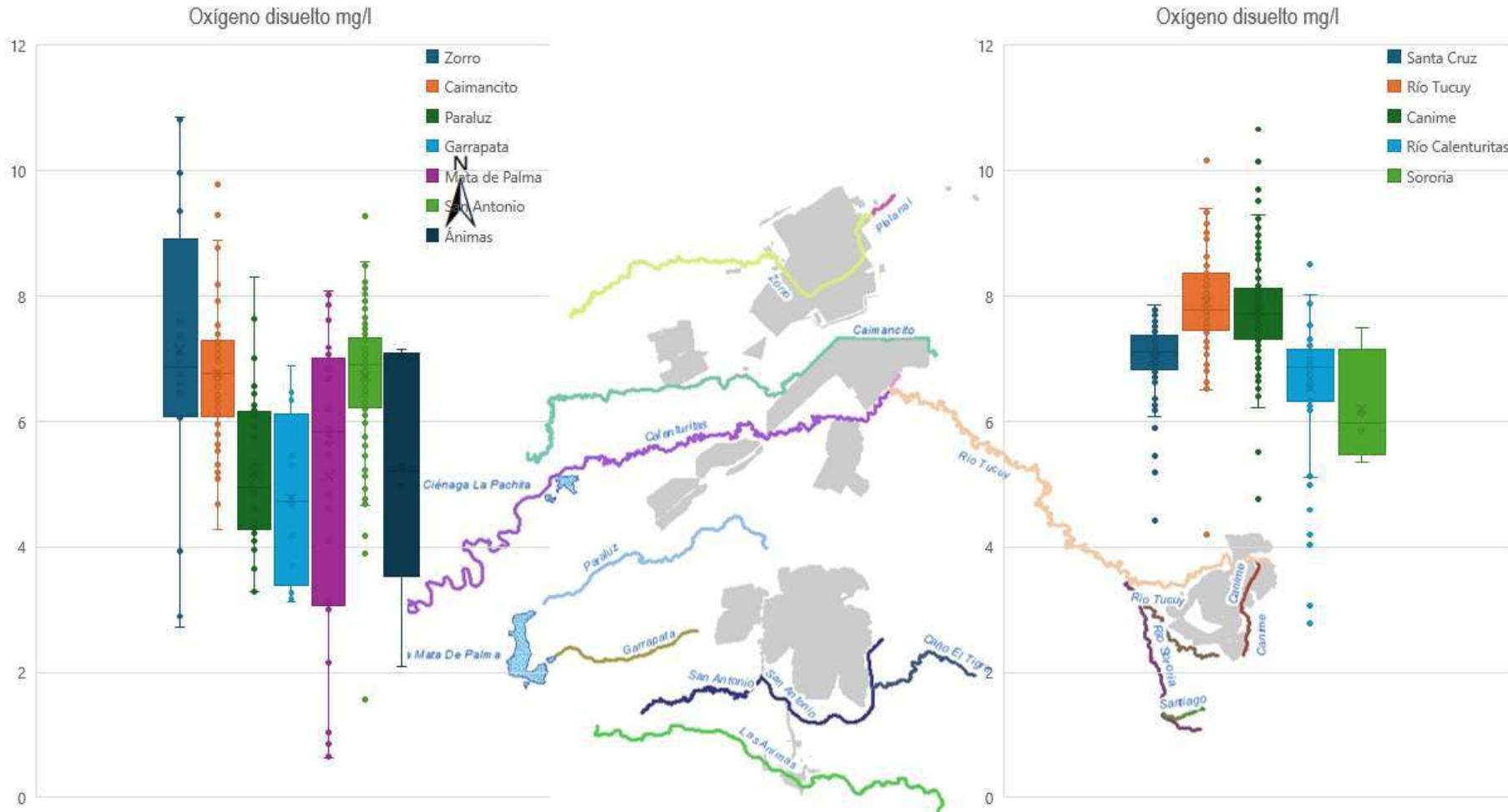
Figura 25. Variación de los sulfatos en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024



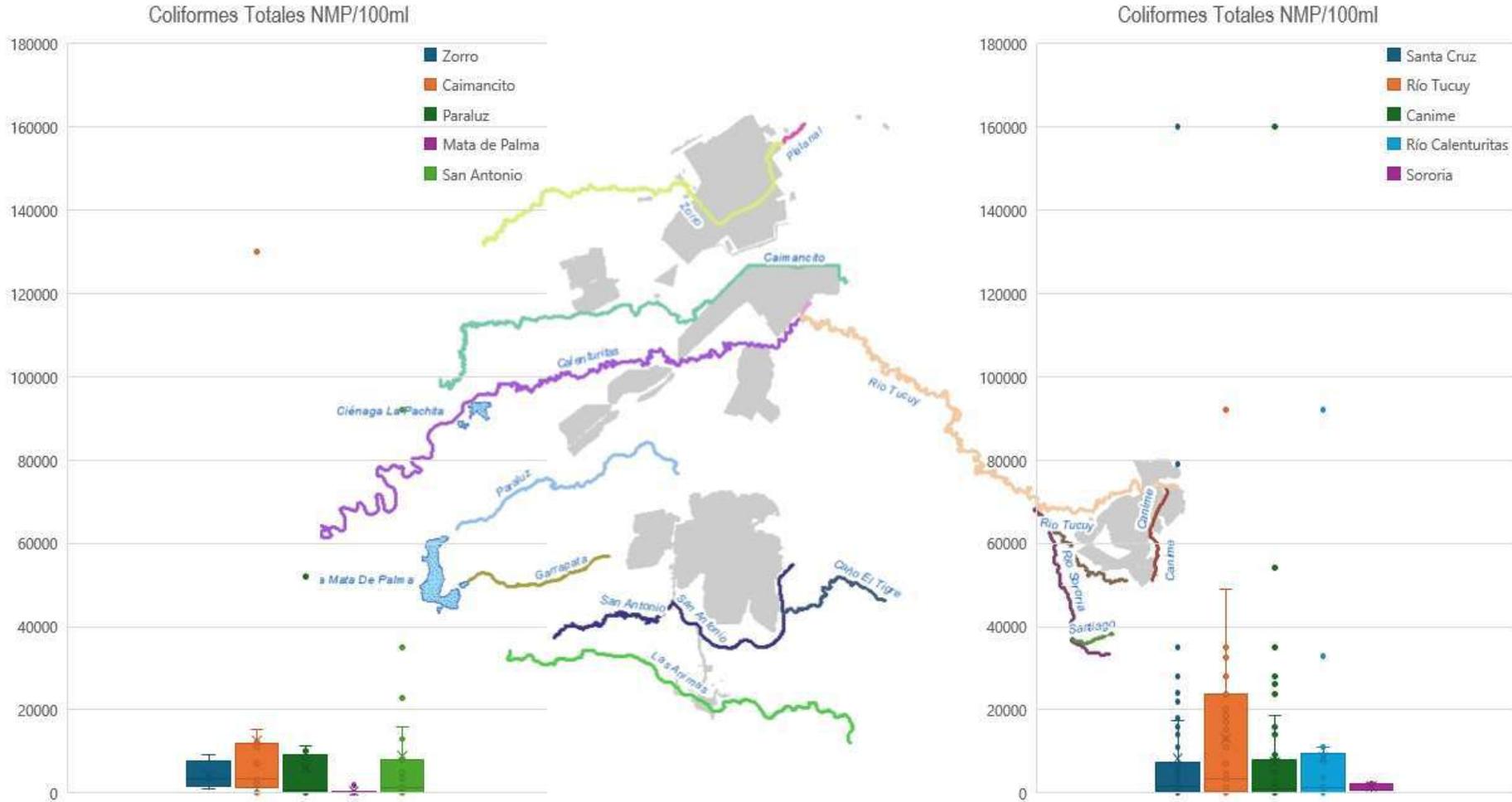
Figura 26. Variación del oxígeno disuelto en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2024



Figura 27. Variación de los coliformes totales en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



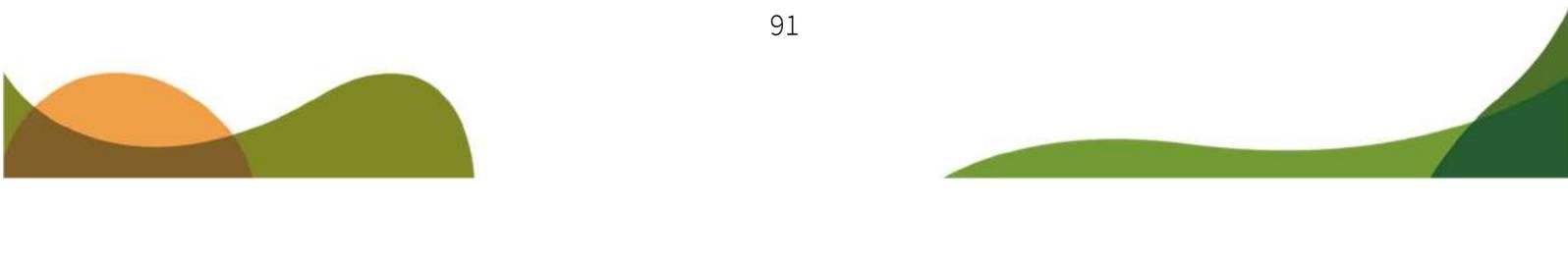
Fuente: ANLA, 2024



4 MODELACIÓN HIDROLÓGICA CUENCAS ZONA MINERA DEL CESAR

Para el desarrollo de la estrategia de monitoreo de la Zona Minera del Cesar (ZMC) se emplea el modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Este modelo hidrológico permite subdividir las cuencas del río Calenturitas, Caño Guasimal y Arroyo Tomasucal en subcuencas con la finalidad de poder clasificar o sectorizar por usos de suelo, tipos de suelos y pendientes, con la finalidad de obtener Unidades de Respuesta Hidrológica (HRU), para posteriormente obtener un balance hídrico y tránsito de caudales para cada subcuenca a escala diaria (Arnold et al., 2012). En ese sentido para configurar el modelo hidrológico en la ZMC se extrae información de usos de suelos de la Agencia Espacial Europea (ESA) en una escala de 10 m basado en coberturas extraídas de imágenes de Sentinel-1 y Sentinel-2 para el año 2021 (Zanaga et al., s. f.). Referente a información de suelos se extrae esta información de los datos de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) e información de pendientes se emplea el modelo de elevación SRTM 30 (Shuttle Radar Topography Mission). Finalmente, la información hidrometeorológica y climatológica se emplean los datos diarios de precipitación, temperatura y caudales del IDEAM, CHIRPS (Climate Hazards Center InfraRed Precipitation with Station data) que a partir de información satelital incorporado con datos de estaciones meteorológicas permite establecer información diaria de precipitación con más de 30 años de registros (Funk et al., 2015) y ERA5 que emplea información de reanálisis con observaciones de todo el mundo en un conjunto de datos globalmente completo que utiliza las leyes de la física (Muñoz Sabater, 2019).

Referente a la configuración de los modelos hidrológicos para la ZMC se clasifica la cuenca del río Calenturitas en 8 subcuencas (ver Tabla 28), la cuenca del caño Guasimal en 25 subcuencas (ver Tabla 29) y la cuenca del Arroyo Tomasucal en 15 subcuencas (ver Tabla 30). Las simulaciones se realizan desde el año 2000 hasta el 2023, donde se estiman los caudales diarios para cada una de las subcuencas mencionadas y a partir de la serie diaria simulada se estiman caudales extremos asociados a periodos de retorno (máximos y mínimos), caudales ambientales por diferentes percentiles de la curva de duración de caudales (Q90, Q95, Q97.5) y por la metodología 7Q10 (Chiang & Johnson, 1976) de forma mensual. Asimismo, se estima la Oferta hídrica total (OHT), Oferta hídrica disponible (OHD) para posteriormente estimar los índices hídricos acorde al ENA 2022. Es de destacar que la demanda hídrica para cada una de las subcuencas se estimó basado en la información de concesiones de agua de los expedientes de ANLA validadas por el Centro de Monitoreo y la información reportada en instrumentos de planificación como los POMCAS del río Calenturitas y del Río Bajo Cesar – Ciénaga de Zapatosa.



Los resultados obtenidos de modelación hidrológica se pueden consultar en el siguiente enlace: [Resultados Zona Minera del Cesar](#)

Tabla 28. Subcuencas modelo hidrológico río Calenturitas

Subcuencas	Nombre de subcuencas	Origen Único Nacional		Coordenada Geográficas	
		Coordenada Este	Coordenada Norte	Latitud	Longitud
1	Río Maracas Alto	4974792.74	2628773.33	9.69	-73.23
2	Río Maracas	4950256.45	2628467.58	9.69	-73.45
3	Quebrada Socomba	4974792.74	2628735.11	9.69	-73.23
4	Río Tucuy Bajo	4950256.45	2628391.14	9.69	-73.45
5	Arroyo Batatal	4971964.57	2626365.56	9.67	-73.26
6	Río Tucuy Alto	4963824.02	2617575.30	9.59	-73.33
7	Río Calenturitas	4919910.95	2616810.93	9.58	-73.73
8	Río Sororía	4963747.59	2617575.30	9.59	-73.33

Fuente: ANLA, 2024

Tabla 29. Subcuencas modelo hidrológico Caño Guasimal

Subcuencas	Nombre de subcuencas	Origen Único Nacional		Coordenada Geográficas	
		Coordenada Este	Coordenada Norte	Latitud	Longitud
1	Caño Sal Si Puedes (CAPTACIÓN LAM2539 Salsipuedes - Caño de Lavar)	4957023.196	2613158.042	9.548615603	-73.39176568
2	Caño Sal Si Puedes (Nacimiento - CAPTACIÓN LAM2539 Salsipuedes)	4958806.41	2612827.131	9.545639365	-73.37550732
3	Caño San Antonio (Caño de Lavar - CAPTACIÓN LAV0106-00-2014 PC1)	4942844.127	2612164.36	9.539455189	-73.52100161
4	Caño San Antonio (CAPTACIÓN LAV0106-00-2014 PC1 - CAPTACIÓN LAV0106-00-2014 PC2)	4938276.374	2610903.149	9.527978975	-73.56261871
5	Caño San Antonio (CAPTACIÓN LAV0106-00-2014 PC2 - Río Las Ánimas)	4934474.272	2609489.064	9.515126758	-73.59725186
6	Caño de Piedra (Nacimiento - Caño San Antonio)	4942882.346	2612126.142	9.539109907	-73.52065271
7	Río Las Ánimas (Relocalización Río Las Ánimas - Arroyo Muñoz)	4934474.272	2609412.627	9.51443516	-73.59725066
8	Caño Guasimal (Nacimiento - Caño Achotal)	4928588.621	2607157.735	9.493937305	-73.65085607
9	Caño Achotal (Río Las Ánimas - Descarga Caño Guasimal)	4928626.84	2607157.735	9.493937953	-73.65050775
10	Río Las Ánimas (Caño Brazo Las Animas - Relocalización Caño Muñoz)	4942930.404	2607998.542	9.501763736	-73.52015816

Subcuencas	Nombre de subcuencas	Origen Único Nacional		Coordenada Geográficas	
		Coordenada Este	Coordenada Norte	Latitud	Longitud
11	Quebrada Maquencal (Nacimiento - Río Las Ánimas)	4952513.411	2605972.961	9.483554903	-73.43279318
12	Río Las Ánimas (Quebrada Maquencal - Caño Brazo Las Animas)	4945442.986	2606355.146	9.486927412	-73.49723651
13	Caño Matazul (Nacimiento - Relocalización Arroyo Las Animas)	4945442.986	2606316.928	9.486581606	-73.49723601
14	Caño El Arroyo (Nacimiento - Río Las Ánimas)	4954462.555	2605055.717	9.475276964	-73.41501901
15	Río Las Ánimas (Caño El Arroyo - Quebrada Maquencal)	4952589.848	2605934.742	9.483209954	-73.43209611
16	Caño San Antonio (Quebrada Los Cerrajones - Caño de Lavar)	4957023.196	2613119.823	9.548269794	-73.39176529
17	Caño Las Animitas (Nacimiento - Río Las Ánimas)	4962755.973	2603832.724	9.464292277	-73.33942464
18	Quebrada Los Guineos (Nacimiento - Caño San Antonio)	4970743.642	2604100.254	9.466775841	-73.26663124
19	Caño San Antonio (Nacimiento - Quebrada Los Cerrajones)	4971469.794	2603870.943	9.464705913	-73.26001186
20	Río Las Ánimas (Caño Arenas o El Pedral - Caño El Arroyo)	4954462.555	2605017.498	9.474931154	-73.4150186
21	Río Las Ánimas (Caño Arenas o El Pedral - Caño Las Animitas)	4959316.307	2601960.017	9.447315757	-73.37075358
22	Caño Arenas o El Pedral (Nacimiento - Río Las Ánimas)	4959316.307	2601883.58	9.446624133	-73.37075284
23	Río Las Ánimas (Nacimiento - Caño Las Animitas)	4962755.973	2603794.506	9.463946463	-73.3394243
24	Quebrada Los Cerrajones (Nacimiento - Caño San Antonio)	4971469.794	2603832.724	9.464360097	-73.2600116
25	Caño Guasimal (Caño Achotal - Final Microcuenca C. Cñ Guasimal)	4928588.621	2595195.34	9.385702711	-73.650653

Fuente: ANLA, 2024

Tabla 30. Subcuencas modelo hidrológico Arroyo Tomasucal

Subcuencas	Nombre de subcuencas	Origen Único Nacional		Coordenada Geográficas	
		Coordenada Este	Coordenada Norte	Latitud	Longitud
1	Arroyo Caño de Arena (Nacimiento - Arroyo San José)	4967680.432	2639990.801	9.791500949	-73.29482946
2	Arroyo San José (Arroyo Caño de Arena - Arroyo Boquete)	4964699.388	2638614.934	9.779027187	-73.32201123
3	Arroyo El Zorro (Arroyo Candela - LA3271 Pit 5)	4956328.124	2638766.398	9.780316772	-73.39837416
4	Arroyo San José (Nacimiento - Arroyo Caño de Arena)	4967680.432	2639952.582	9.791155141	-73.29482916

Subcuencas	Nombre de subcuencas	Origen Único Nacional		Coordenada Geográficas	
		Coordenada Este	Coordenada Norte	Latitud	Longitud
5	Arroyo San José (Arroyo Boquete - Arroyo Candela)	4962520.933	2638576.716	9.778661984	-73.34188245
6	Caño Platanal (Nacimiento - Arroyo El Zorro)	4948532.957	2637888.782	9.772285353	-73.46946889
7	Arroyo El Zorro (Caño Los Tinto - Caño Platanal)	4948571.175	2637812.345	9.771594231	-73.46911931
8	Arroyo El Zorro (LA3271 Pit 5 - Caño Los Tinto)	4951896.186	2637047.975	9.764718625	-73.43878107
9	Caño Los Tinto (Nacimiento - Arroyo El Zorro)	4951896.186	2637009.757	9.764372822	-73.43878062
10	Arroyo Candela (Nacimiento - Arroyo El Zorro)	4962520.933	2638538.497	9.778316176	-73.3418821
11	Arroyo Boquete (Nacimiento - Arroyo San José)	4964699.388	2638576.716	9.778681379	-73.3220109
12	Arroyo Tomasucal (Arroyo El Zorro - LAM3272 Pit 1-02)	4941577.187	2630206.861	9.702686331	-73.53280561
13	Caño Mocho (Nacimiento - Arroyo Tomasucal)	4931105.314	2629786.457	9.698720793	-73.62829647
14	Arroyo Tomasucal (Caño Mocho - Río Cesar)	4930914.222	2629786.457	9.698717594	-73.6300391
15	Arroyo Tomasucal (LAM3271 Pit 1-02 - Caño Mocho)	4931105.314	2629748.239	9.698374999	-73.62829582

Fuente: ANLA, 2024

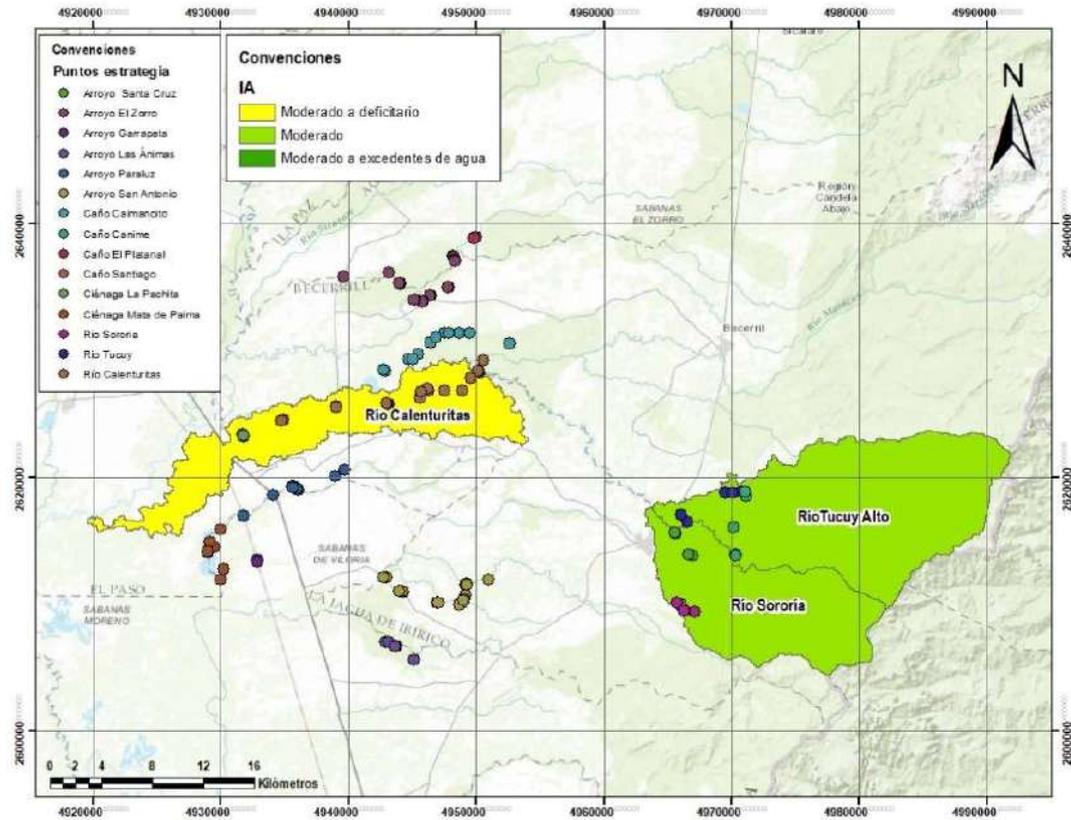
4.1 Índices Hídricos

Como se mencionó con anterioridad se estimaron los índices hídricos para la ZMC acorde a lo presentado por el ENA 2022.

En la cuenca del río Calenturitas especialmente hacia la parte alta (Río Tucuy Alto y Río Sororia) se cuenta con dos proyectos licenciados de ANLA que hacen parte de la presente estrategia, el expediente LAM1203 Carbones de la Jagua y el expediente LAM3831 Comercializadora Internacional Norcarbón. Allí se observa que el índice de aridez para un año de precipitaciones promedio presenta una clasificación moderada, lo que permite establecer que la subcuenca del Río Tucuy Alto presenta una relación entre su demanda hídrica natural y oferta hídrica equilibrada. No obstante, hacia la subcuenca del Río Calenturitas donde se localizan puntos de monitoreo de proyectos como LAM3271 Mina Descanso Norte (DRUMMOND LTDA.), LAM2622 Mina El Hatillo (PRODECO), LAM1862 Mina La Loma (VALE COAL COLOMBIA LTD. SUCURSAL COLOMBIA) y LAM3199 la Mina La Francia (COLOMBIAN NATURAL RESOURCES I S.A.S.) la clasificación obtenida para el índice de aridez es Moderado a deficitario, lo que destaca que hay una alta demanda natural en la subcuenca

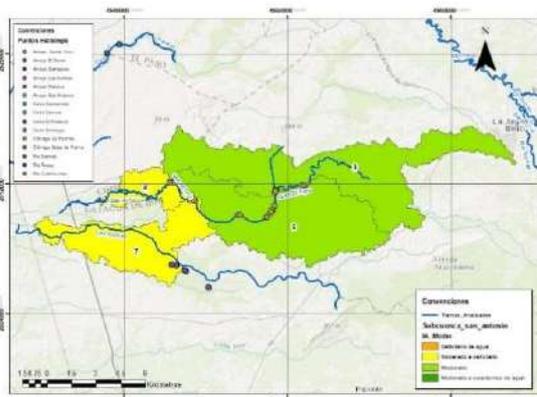
en contraste con su oferta hídrica que la inclina a una condición deficitaria, lo que la convierte en una subcuenca más susceptible a un posible desabastecimiento (ver Figura 28)

Figura 28. Índice de Aridez cuenca río Calenturitas



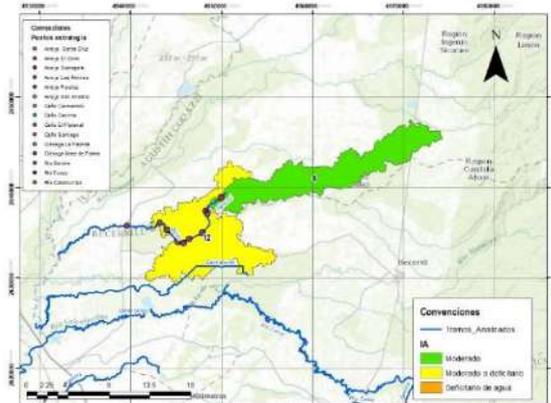
Fuente: ANLA, 2024

Figura 29 Índice de Aridez cuenca caño Guasimal



Fuente: ANLA, 2024

Figura 30 Índice de Aridez cuenca río Tomasual



Fuente: ANLA, 2024

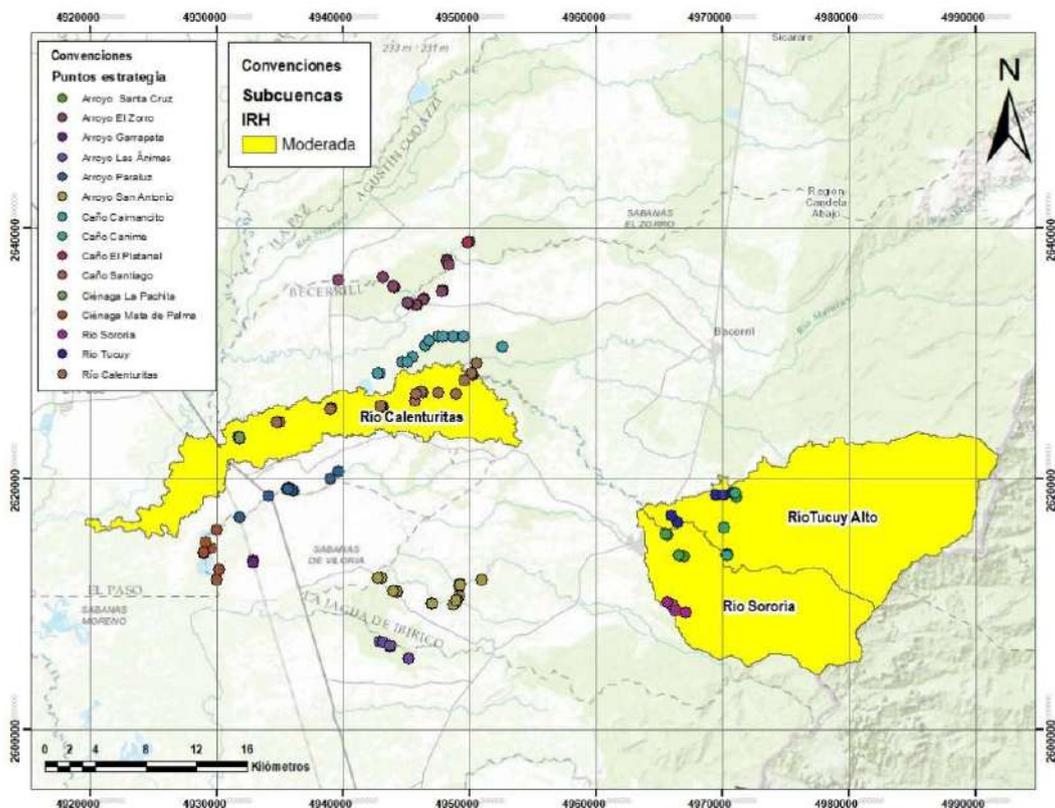


Por otra parte, es de resaltar que el caño San Antonio y El Río Animas corresponde a subcuencas del caño Guasimal, en ese contexto el índice de aridez obtenido para la subcuenca del caño San Antonio es moderado antes del proyecto minero LAM0027 La Loma (DRUMMOND LTD), aguas abajo del caño San Antonio posterior al proyecto minero La Loma se observa que la subcuenca del caño San Antonio pasa a una categoría de moderado a deficitario como se observa en la Figura 29. De la misma forma, para el río Las Ánimas donde se localiza el proyecto minero LAM3271 se observa que esta subcuenca presenta una condición de moderada a deficitaria.

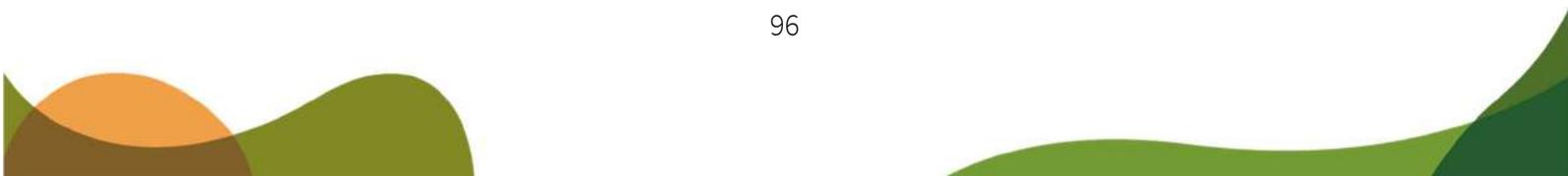
En cuanto a la cuenca del caño Tomasucal donde se encuentra el proyecto minero el descanso LAM3271 y donde se localizan los Arroyos el Zorro y Caño Platanal, en ese sentido el caño Platanal cuenta con un índice de aridez moderado y posterior al proyecto minero donde se encuentra el desvío del Arroyo El Zorro la cuenca pasa a una condición moderada a deficitaria como se observa en la Figura 30.

Acorde con lo mencionado para las subcuencas con clasificación moderada a deficitaria se destaca que hay una alta demanda natural en la subcuenca en contraste con su oferta hídrica que la inclina a una condición deficitaria, lo que la convierte en una subcuenca más susceptible a un posible desabastecimiento.

Figura 31. Índice de Regulación Hídrica cuenca río Calenturitas

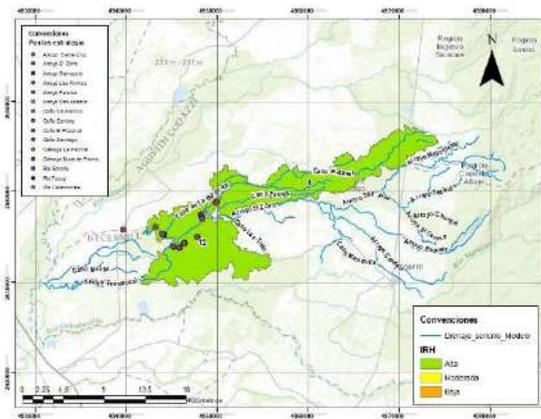


Fuente: ANLA, 2024



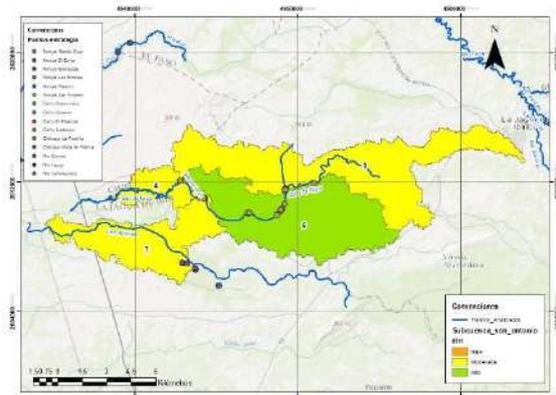


**Figura 32. Índice de Regulación Hídrica
cuenca caño Tomasual**



Fuente: ANLA, 2024

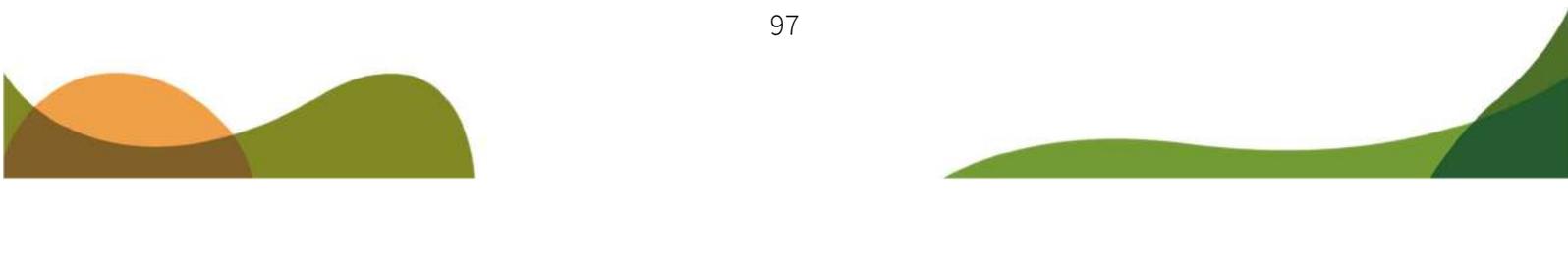
**Figura 33. Índice de Regulación Hídrica
cuenca caño Guasimal**



Fuente: ANLA, 2024

Ahora referente a las condiciones de regulación hídrica de la cuenca del río Calenturitas que fue estimadas basado en la serie diaria de caudales simulados, se obtuvo que las subcuencas del río Calenturitas (ver Tabla 28), presentan una regulación hídrica moderada (ver Figura 31). asimismo, para el caño San Antonio y el Caño San Antonio hacia la cuenca alta y posterior de la mina La Loma hacia su cuenca baja la regulación hídrica es moderada (ver Figura 33) y de la misma forma para la subcuenca del río Las Ánimas. En contraste, para las subcuencas del Arroyo El Zorro y el Caño Platanal la regulación hídrica es alta (ver Figura 32). Destacando que las subcuencas con clasificación moderada pueden experimentar fluctuaciones en los caudales de los ríos, arroyos y caños, pero estas fluctuaciones no son extremas. La regulación moderada indica que hay cierta capacidad para suavizar las variaciones estacionales. Siendo pertinente dar estricto cumplimiento a programas de manejo ambiental para la reforestación, conservación y protección de hábitats, rehabilitación de áreas degradadas y planes de compensación.

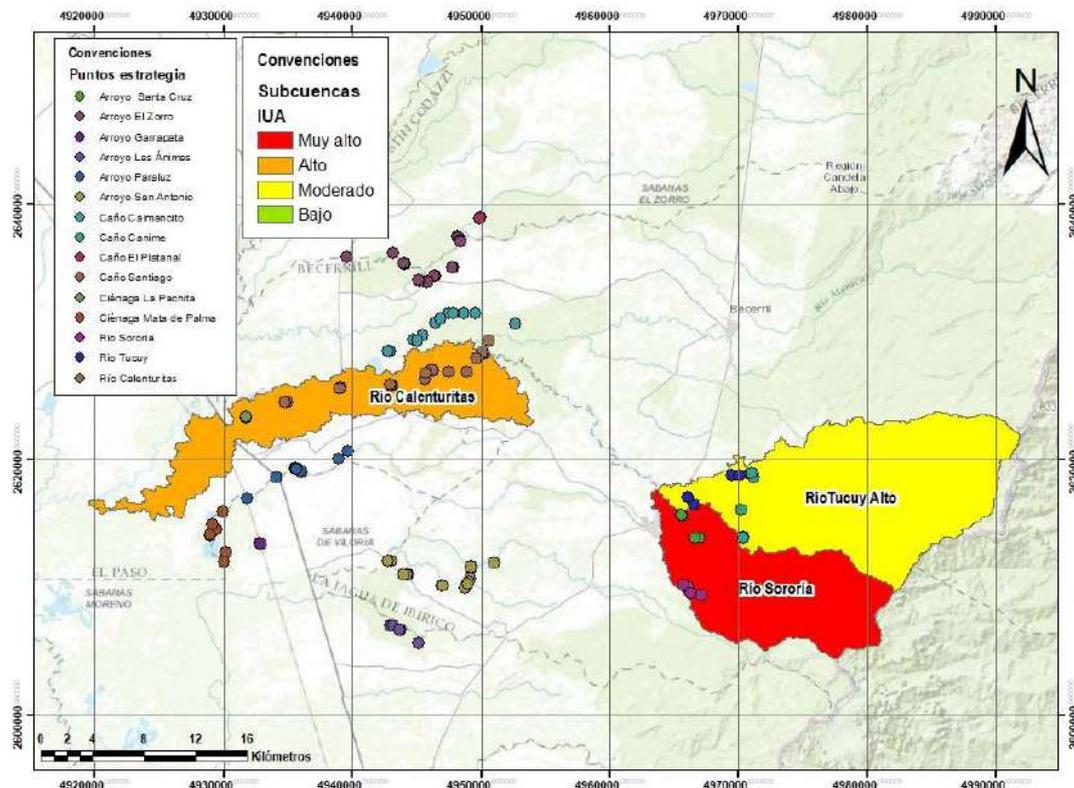
Por otra parte referente a la relación entre oferta hídrica disponible (OHD) y demanda hídrica extraída de los permisos de concesión de los expedientes ANLA, se pudo determinar que la cuenca del río Calenturitas hacia el río Sororia, río Tucuy Alto y río Calenturitas presentan Índice de Uso del Agua (IUA) que pueden ir de moderado a muy alto (ver Figura 34), siendo moderado hacia la subcuenca del Río Tucuy Alto, muy alto en el río Sororia y alto en el río Calenturitas, lo que indica que hay sobre explotación del recurso hídrico en comparación con la Oferta Hídrica Disponible (OHD) especialmente en las subcuencas del río Calenturitas y Sororia. En ese contexto el río Calenturitas presenta 4 permisos de concesión de aguas de los expedientes LAM3271, LAM3199 y LAM1862, donde se destaca que las captaciones de las Lagunas 1 y 6 del expediente LAM3199 cuentan con una caudal concesionado de 25 y 10 l/s





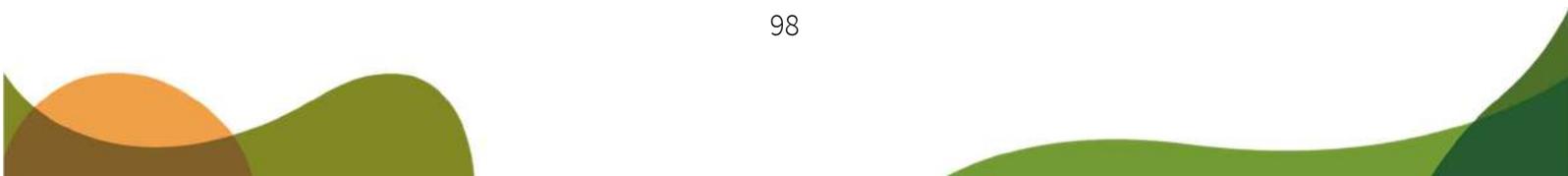
respectivamente, sin embargo, acorde al ICA no realizaron captaciones durante el año 2022, de la misma forma el expediente LAM3271 cuenta con un permiso de captación del río calenturitas con un caudal otorgado de 200 l/s sin restricciones, no obstante, el expediente no presenta uso de captaciones de agua superficial durante el año 2022 y finalmente existe una captación en el río Calenturitas del expediente LAM1862 con un caudal otorgado de 20 l/s sin restricciones para la fase de construcción y operación.

Figura 34. Índice de Uso del Agua (IUA) río Calenturitas



Fuente: ANLA, 2024

Referente a las subcuencas del caño San Antonio se observa que hacia la parte alta de esta el uso del agua es bajo en comparación con la oferta hídrica a diferencia, no obstante, posterior a la Mina del expediente LAM0027 se determina que el IUA está en condición crítica, lo que significa que la demanda hídrica es muy alta en comparación con la oferta hídrica e igualmente para la subcuenca del río Las Ánimas. Es de destacar que hacia la subcuenca del caño San Antonio donde se localiza el proyecto de la Loma LAM0027 se cuenta con tres permisos de captación que suman 18.20 l/s, no obstante, por usos domésticos y agrícolas acorde con la información de demandas hídricas del POMCA, se establece demandas más altas que pueden alcanzar valor de hasta 170 l/s, lo que permite determinar que las demandas hídricas más altas son por usos y aprovechamientos del recurso hídrico superficial ajenas a los proyectos ANLA, a diferencia del Río Las Ánimas que



cuenta con caudales otorgados que suman hasta 1835 l/s de 11 permisos de concesión de aguas, las cuales acorde al último seguimiento ambiental no hubo captaciones de agua superficial.

Figura 35. Índice de Uso del Agua (IUA) caño Tomasucal

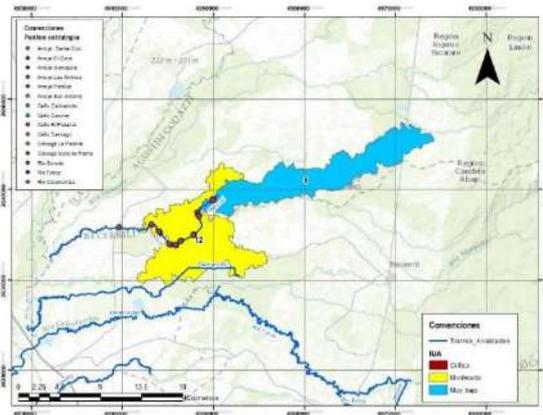
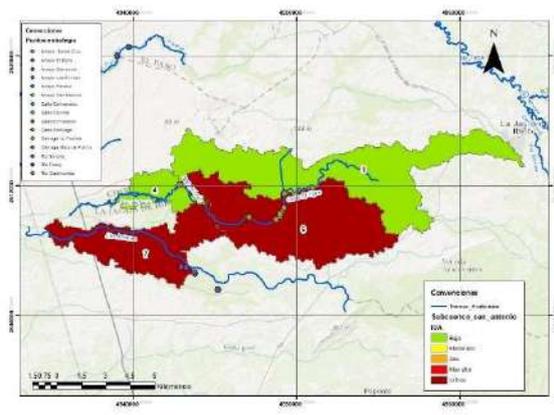


Figura 36. Índice de Uso del Agua (IUA) cuenca caño Guasimal



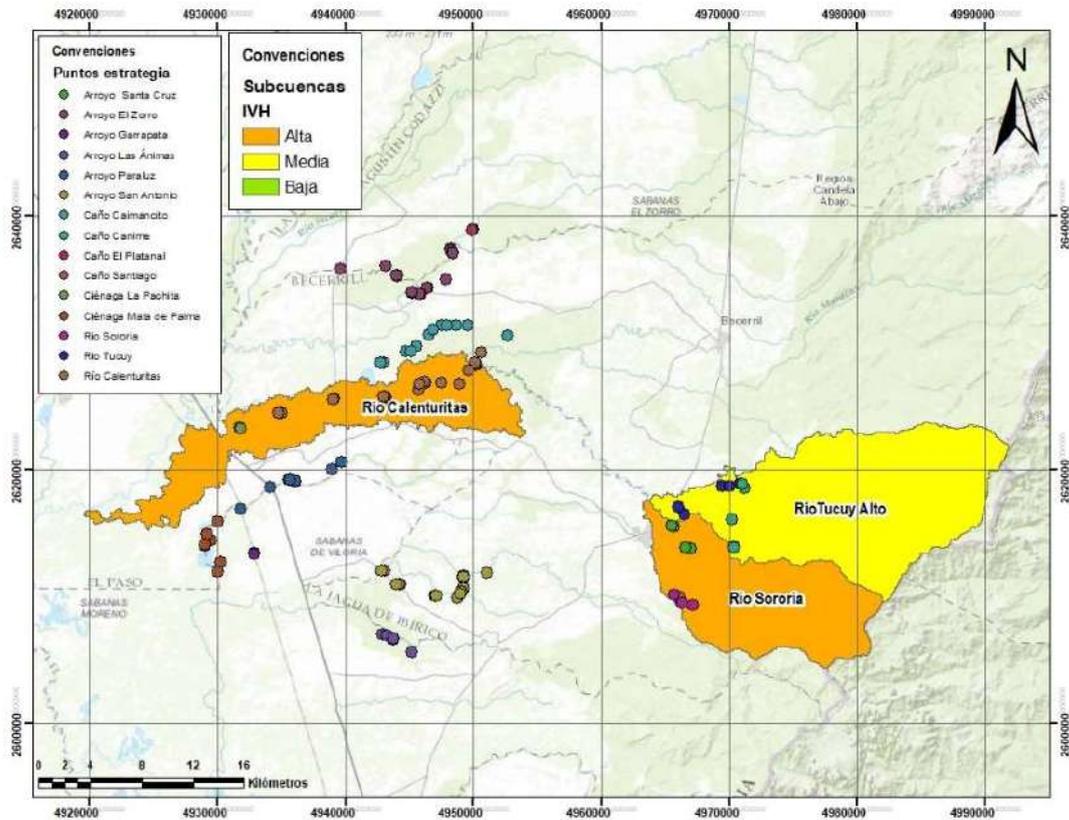
Fuente: ANLA, 2024

Finalmente, acorde con la estimación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) se puede destacar que las cuencas más vulnerables a un desabastecimiento hídrico por la alta presión en su uso y aprovechamiento y baja regulación hídrica son el río Calenturitas y Sororia, dado que su IVH es Alto (ver Figura 37). Por otra parte, referente a la cuenca del Caño Guasimal donde se localiza el caño San Antonio y el río Animas, se observa que la vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento es muy alta en la zona donde estaría la Mina La Loma con expediente LAM0027, sin embargo, como se mencionó con anterioridad esa clasificación se debe a demandas hídricas de uso doméstico y agrícola ajeno a los proyectos mineros, en contraste con la clasificación obtenida en la subcuenca del río Ánimas también muy alta esto debido a la alta demanda concesionada por permisos otorgados al expediente LAM3271.

Por último, hacia la cuenca del Arroyo Tomasucal, donde se localiza el Arroyo El Zorro y Caño Platanal se observa que la vulnerabilidad al desabastecimiento es muy baja en la subcuenca del caño platanal y media en la subcuenca del Arroyo El Zorro, este último debido al uso y aprovechamiento que se da por la desviación de este. De lo anterior, se puede concluir que para el Río Animas, las concesiones de agua de los proyectos mineros si tienen una influencia en la vulnerabilidad al desabastecimiento y en caso de ser usadas constantemente por parte de las empresas mineras se deberá limitar sus usos para periodos de caudales altos.

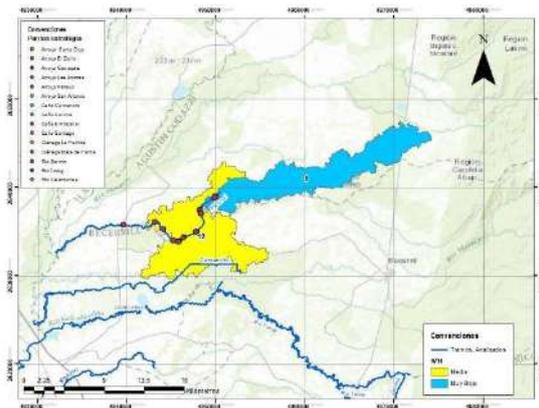


Figura 37. Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) río Calenturitas



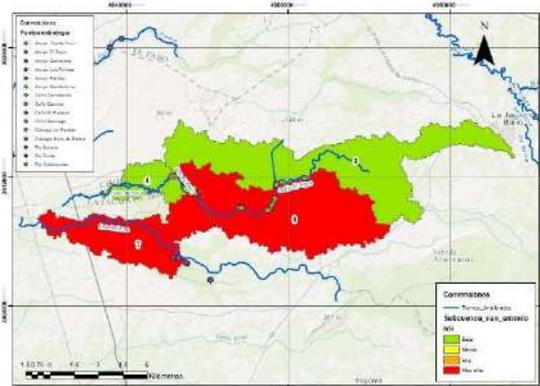
Fuente: ANLA, 2024

Figura 38. Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) Caño Tomasucal



Fuente: ANLA, 2024

Figura 39. Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) Caño Guasimal



Fuente: ANLA, 2024





4.1.1 Río Calenturitas

El río Calenturitas es un tributario del río Cesar. Este cuerpo de agua acorde con el ejercicio de modelación presenta caudales promedios de $10.61 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver Figura 41), sin embargo, durante periodos de estiaje pueden descender en promedio hasta $0.56 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver Figura 42 e Figura 43), específicamente durante los meses de enero, febrero y marzo. Asimismo, cabe destacar que el río Calenturitas presenta una correlación con los fenómenos de variabilidad climática destacando que acorde al ONI los años 2010, 2011, y 2012 presentaron caudales por encima del promedio dado que fueron años “Niña” clasificada en una niña débil y moderada entre los años 2011 y 2012, al igual que para el año 2022 catalogada como débil, sin embargo, es de resaltar que el río Calenturitas y en general el Caribe Colombiano, no solo está influenciado por los fenómenos de variabilidad climática, sino, también por las dinámicas del Atlántico norte y sur (**Bocanegra et al., 2000**), lo cual explica que no se haya visto reflejada de forma notoria la triple niña de los años 2020, 2021 y 2022, ni el fenómeno del Niño del año 2023. Por otra parte, es de destacar que el río Calenturitas presenta eventos de caudales altos en promedio de $66.48 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver Figura 40) que normalmente se presentan hacia los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Acorde a la OHD del río Calenturitas, se resalta que la mayor oferta se da en los meses de septiembre, octubre, y noviembre, siendo la más alta en el mes de noviembre con valores que alcanzan $13.12 \text{ m}^3/\text{s}$, en septiembre $8.97 \text{ m}^3/\text{s}$ y octubre $12.50 \text{ m}^3/\text{s}$. Por el contrario, la OHD más baja se da en los meses de enero $4.70 \text{ m}^3/\text{s}$, febrero de $3.12 \text{ m}^3/\text{s}$ y marzo $2.96 \text{ m}^3/\text{s}$. Finalmente acorde a la estimación de caudales ambientales por las 4 metodologías expuestas con anterioridad se destaca que este en promedio es de $3.27 \text{ m}^3/\text{s}$.

Referente a eventos extremos el río Calenturitas puede presentar crecientes frecuentes asociadas a periodos de retorno de 2 años de $27.8 \text{ m}^3/\text{s}$ y asociadas a periodos de retorno de 50 y 100 años estas pueden alcanzar valores de $59.77 \text{ m}^3/\text{s}$ y $67.88 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Por el contrario, eventos mínimos frecuentes asociados a periodos de retorno de 2 años alcanzan caudales de $1.47 \text{ m}^3/\text{s}$ y en sequías extremas asociadas a periodos de retorno de 15 y 20 años, los caudales pueden ser de $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$ (650 l/s).

Finalmente, acorde con los permisos de captación que tiene el río Calenturitas se destaca que cuenta en la actualidad con 4 permisos de captación vigentes del expediente LAM3271, LAM3199 y LAM1862 que suma $0.255 \text{ m}^3/\text{s}$, destacando que si estas captaciones operan en simultáneo el río Calenturitas podría suplir la demanda hídrica otorgada, sin embargo, se destaca que el escenario que los proyectos mineros operen las captaciones a su máxima capacidad ($0.255 \text{ m}^3/\text{s}$), dado que los proyectos mineros mencionados no operan sus concesiones de agua superficial con frecuencia. En ese contexto es recomendable mantener los usos eficientes de aprovechamiento del recurso hídrico superficial y mantener los monitoreos de las captaciones de aguas junto con los caudales captados durante la operación de estas.

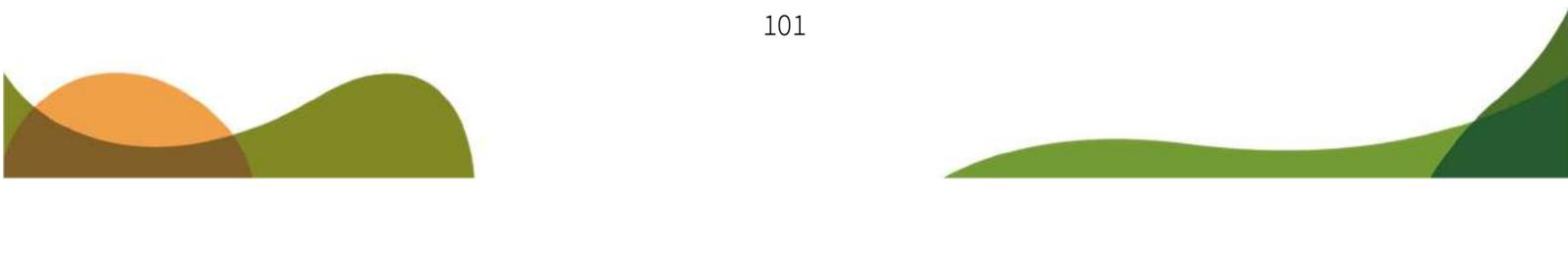
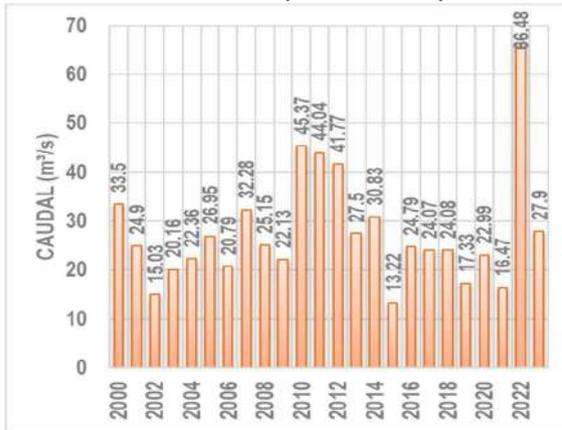
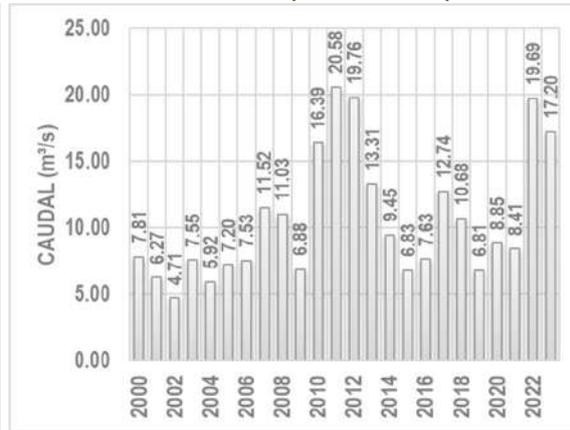


Figura 40. Caudales máximos anuales río Calenturitas (2000 – 2023)



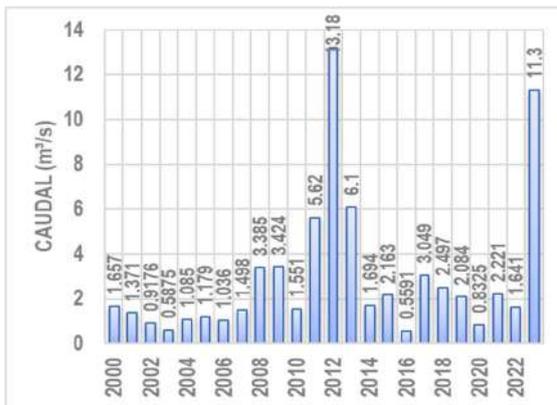
Fuente: ANLA, 2024

Figura 41. Caudales promedio anuales río Calenturitas (2000 – 2023)



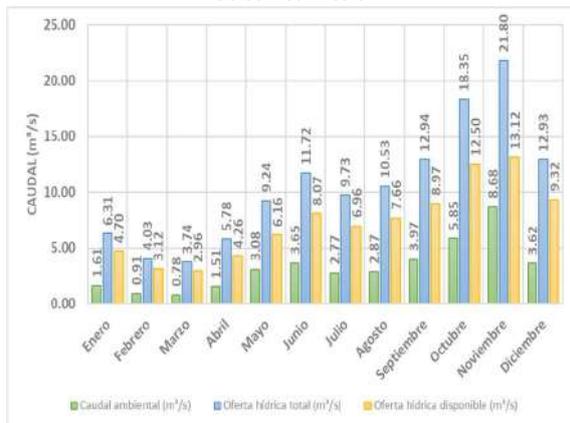
Fuente: ANLA, 2024

Figura 42. Caudales mínimos anuales río Calenturitas (2000 – 2023)



Fuente: ANLA, 2024

Figura 43. Oferta hídrica total, disponible mensual y caudal ambiental río Calenturitas



Fuente: ANLA, 2024

4.1.2 Río Sororia

El río Sororia es un tributario del río Tucuy en su cuenca alta. Este cuerpo de agua acorde con el ejercicio de modelación presenta caudales promedios de 1.12 m³/s (ver Figura 45 y Figura 44), sin embargo, durante periodos de estiaje pueden descender en promedio hasta 0.043 m³/s (ver Figura 46 y Figura 47), específicamente durante los meses de enero, febrero y marzo. Asimismo, cabe destacar que el río Sororia presenta una correlación con los fenómenos de variabilidad climática destacando que acorde al ONI los años 2011 y 2012 presentaron caudales por encima del promedio dado que fueron años “Niña” clasificada en moderada entre los años 2011 y 2012, sin embargo, es de resaltar que el río Sororia y en general el caribe Colombiano, no solo está influenciado por los fenómenos de variabilidad climática, sino, también por las dinámica del atlántico norte y sur (Bocanegra et al., 2000),

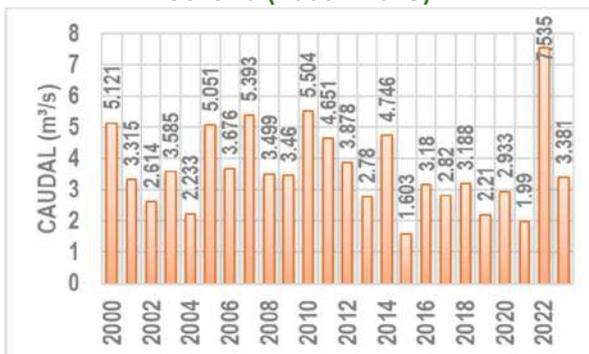


lo cual explica qué no se haya visto reflejada de forma notoria la triple niña de los años 2020, 2021 y 2022, ni el fenómeno del Niño del año 2023. Por otra parte, es de destacar que el río Sororia presenta eventos de caudales altos en promedio de $7.54 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver Figura 44) que normalmente se presentan hacia los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Acorde a la OHD del río Sororia, se resalta que la mayor oferta hídrica se da en los meses de septiembre, octubre, y noviembre, siendo la más alta en el mes de noviembre con valores que alcanzan $2.70 \text{ m}^3/\text{s}$, en septiembre $1.66 \text{ m}^3/\text{s}$ y octubre $2.52 \text{ m}^3/\text{s}$. Por el contrario, la OHD más baja se da en los meses de enero $0.56 \text{ m}^3/\text{s}$, febrero de $0.38 \text{ m}^3/\text{s}$ y marzo $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$. Finalmente, acorde a la estimación de caudales ambientales por las 4 metodologías expuestas con anterioridad se destaca que este en promedio es de $0.36 \text{ m}^3/\text{s}$, no obstante, este se contempla para la presente estrategia de manera mensual acorde al régimen de caudales de cada mes.

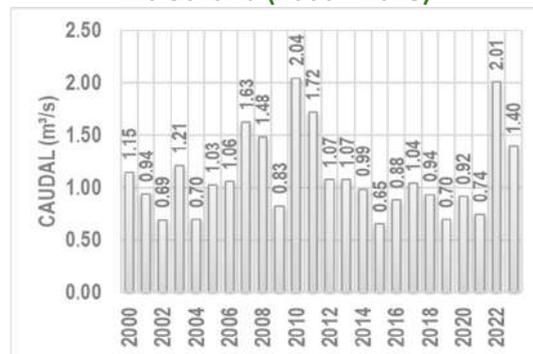
Referente a eventos extremos el río Sororia puede presentar crecientes frecuentes asociadas a periodos de retorno de 2 años de $3.78 \text{ m}^3/\text{s}$ y asociadas a periodos de retorno de 50 y 100 años estas pueden alcanzar valores de $7.2 \text{ m}^3/\text{s}$ y $7.95 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Por el contrario, eventos mínimos frecuentes asociados a periodos de retorno de 2 años alcanzan caudales de $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$ y en sequías extremas asociadas a periodos de retorno de 15 y 20 años, los caudales pueden ser de $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ (50 l/s).

Figura 44. Caudales máximos anuales Río Sororia (2000 - 2023)



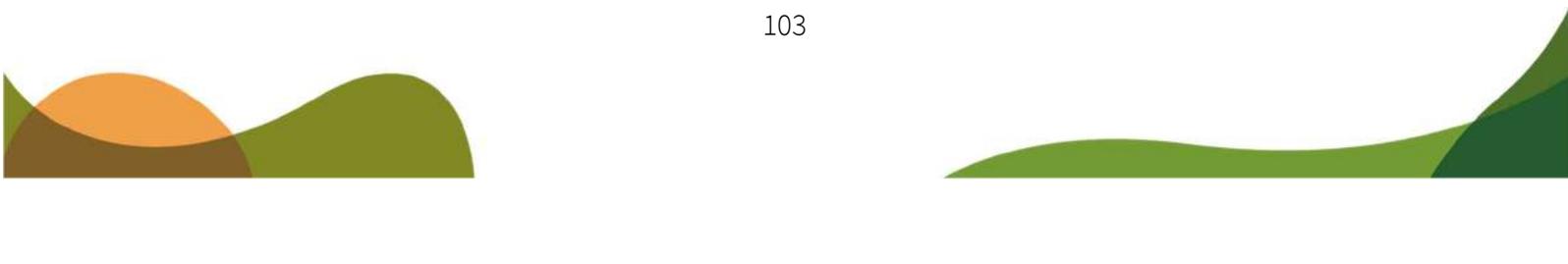
Fuente: ANLA, 2024

Figura 45. Caudales promedio anuales Río Sororia (2000 - 2023)



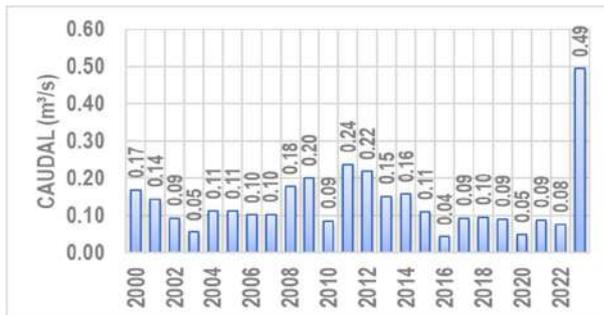
Fuente: ANLA, 2024

Finalmente, acorde con los permisos de captación que tiene el río Sororia se destaca que cuenta en la actualidad con 2 permisos de captación vigentes del expediente LAM1203 y LAM3831 que suma 26.57 l/s , destacando que si estas captaciones operan en simultaneo el río Sororia podría suplir la demanda hídrica otorgada. En ese contexto es recomendable mantener los usos eficientes de aprovechamiento del recurso hídrico superficial y mantener los monitores de las captaciones de aguas junto con los caudales captados durante la operación de estas. Es de destacar, que acorde a los estudios de demanda hídrica establecido por el POMCA del río Calenturitas, la subcuenca del río Sororia presenta un IUA muy alto, lo cual está relacionado con la demanda hídrica de usos doméstico y agrícola que



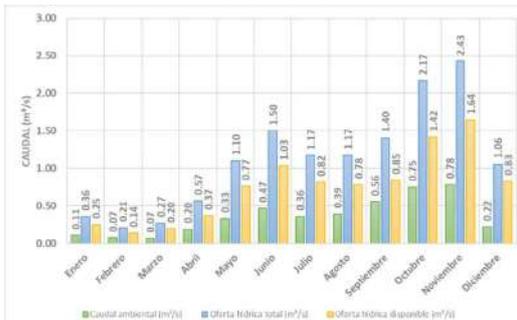
suman 492 l/s por encima de la oferta hídrica disponible de periodos de estiaje, específicamente en el primer trimestre del año.

Figura 46. Caudales mínimos anuales Río Sororia (2000 – 2023)



Fuente: ANLA, 2024

Figura 47. Oferta hídrica total, disponible mensual y caudal ambiental Río Sororia



Fuente: ANLA, 2024

4.1.3 Río Tucuy Alto

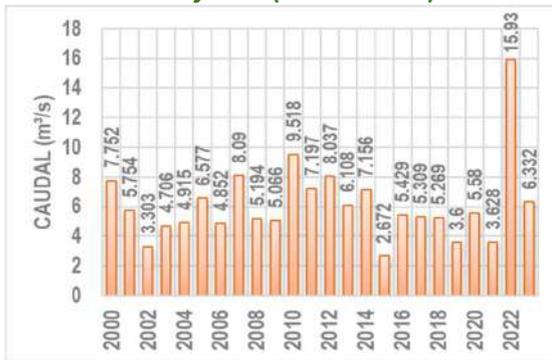
El río Tucuy Alto es un tributario del río Calenturitas. Este cuerpo de agua acorde con el ejercicio de modelación presenta caudales promedios de 1.97 m³/s (ver Figura 49), sin embargo, durante periodos de estiaje pueden descender en promedio hasta 0.091 m³/s (ver Figura 50 e Figura 51), destacando que históricamente se han presentado caudales del orden de 0.10 m³/s como se observa en los años 2003 y 2016 asociados a fenómenos del niño, siendo el del año 2003 categorizado como moderado y el del año 2016 como muy fuerte. Asimismo, cabe destacar que el río Tucuy Alto presenta una correlación con los fenómenos de variabilidad climática destacando que acorde al ONI 2010, 2011, y 2012 presentaron caudales por encima del promedio, dado que fueron años “Niña” clasificada en una niña fuerte entre los años 2011 y 2012, y para el año 2022 como débil, sin embargo, es de resaltar que el río Tucuy Alto y en general el caribe Colombiano, no solo está influenciado por los fenómenos de variabilidad climática, sino, también por las dinámica del atlántico norte y sur (Bocanegra et al., 2000). Por otra parte, el río Tucuy Alto presenta eventos de caudales altos en promedio de 15.93 m³/s (ver Figura 48) que normalmente se presentan hacia los meses de septiembre, octubre y noviembre.

Acorde a la OHD del río Tucuy Alto se resalta que la mayor oferta se da en los meses de septiembre, octubre y noviembre, siendo la más alta en el mes de noviembre con valores que alcanzan 2.70 m³/s, en octubre 2.52 m³/s y septiembre 1.66 m³/s. Por el contrario, la OHD más baja se da en los meses de enero con caudales de 0.56 m³/s, febrero igual a 0.38 m³/s y marzo de 0.43 m³/s. Finalmente acorde a la estimación de caudales ambientales mensuales se destaca que en promedio el caudal ambiental del río Tucuy Alto es de 0.62 m³/s, sin embargo, en la Figura 51 se muestran los mismos a nivel mensual, no obstante, este se contempla para la presente estrategia de manera mensual acorde al régimen de caudales de cada mes.

Referente a eventos extremos el río Tucuy Alto se puede presentar crecientes frecuentes asociadas a periodos de retorno de 2 años de 6.28 m³/s y asociadas a periodos de retorno de 50 y 100 años estas pueden alcanzar valores de 11.92 m³/s y 13.14 m³/s respectivamente. Por el contrario, eventos mínimos frecuentes asociados a periodos de retorno de 2 años alcanzan caudales de 0.20 m³/s (200 l/s) y en sequías extremas asociadas a periodos de retorno de 15 y 20 años, los caudales pueden ser de 0.10 m³/s (100 l/s).

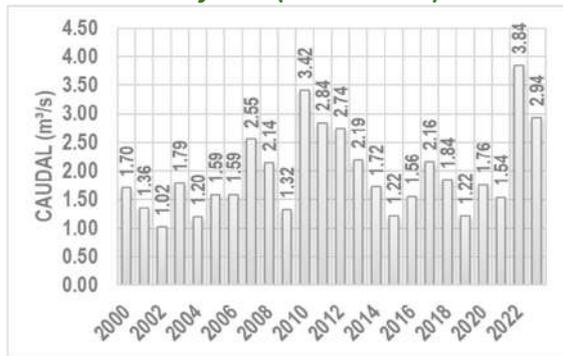
Finalmente, acorde con los permisos de captación que tiene el río Tucuy Alto donde se localiza el expediente LAM1203 se destaca que esta cuenta en la actualidad con 1 permiso de captación que suma 0.0061 m³/s (6.1 l/s), destacando que si esta captación opera constantemente podría suplir la demanda hídrica otorgada. En ese contexto es recomendable mantener los usos eficientes de aprovechamiento del recurso hídrico superficial y mantener los monitoreos de las captaciones de aguas junto con los caudales captados durante la operación de esta.

Figura 48. Caudales máximos anuales río Tucuy Alto (2000 - 2023)



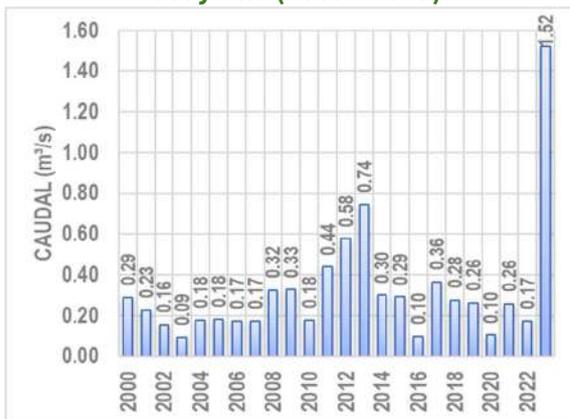
Fuente: ANLA, 2024

Figura 49. Caudales promedio anuales río Tucuy Alto (2000 - 2023)



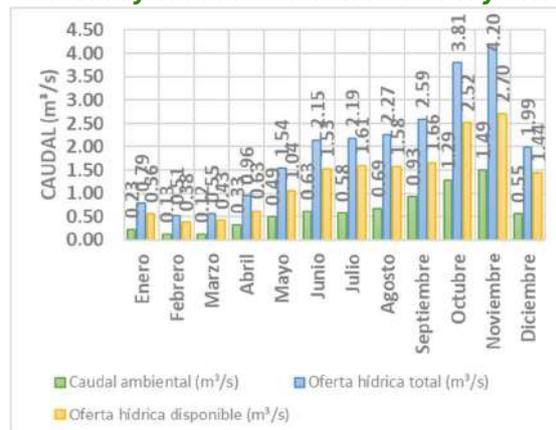
Fuente: ANLA, 2024

Figura 50. Caudales mínimos anuales río Tucuy Alto (2000 - 2023)



Fuente: ANLA, 2024

Figura 51. Oferta hídrica total, disponible mensual y caudal ambiental río Tucuy Alto



Fuente: ANLA, 2024



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

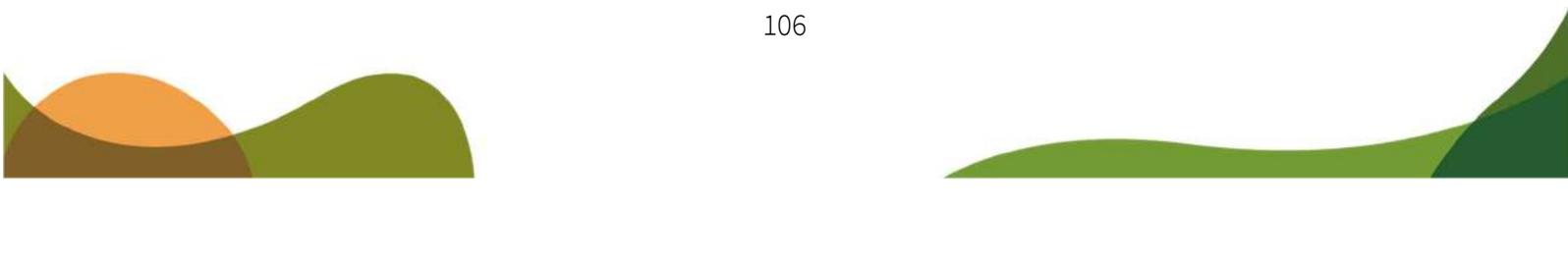
5.1 Conclusiones Generales

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 las empresas mineras dentro de los ICA correspondientes a estos periodos, en los cuerpos de agua receptores de vertimientos. Se espera que en la medida que se tengan datos de monitoreos hidrobiológicos y de la matriz de sedimentos de la estrategia de monitoreo regional, 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 variaciones que implique alteraciones 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 de manera sistemática no cumplen con los objetivos planteados por CORPOCESAR (2018), para tramos genéricos receptores de vertimientos mineros en el mediano y largo plazo, lo cual corresponde a los parámetros demanda química de oxígeno – DQO, sólidos suspendidos totales – SST, coliformes totales y en algunos casos oxígeno disuelto. Adicionalmente se observan concentraciones elevadas de conductividad eléctrica y sulfatos, lo cual es indicativo de alteración alta a la calidad del agua según la literatura técnica consultada, esto fue analizado en detalle en cada uno de los cuerpos de agua en las secciones anteriores. A continuación, se presentan conclusiones generales de cada uno de estos parámetros.

En cuanto a la DQO si bien se observan impactos sobre la calidad del agua, dado que los resultados de la DQO indican calidad entre aceptable y regular (concentración máximo 285 mg/l con promedio de 40,7 mg/l), lo cual puede estar relacionado con las actividades mineras y agrícolas entre otras que se desarrollan en el área analizada, así como por fuentes difusas, sin embargo, no se evidencia en la matriz agua acumulación en cuanto a este parámetro, dado que no se observa incremento en las concentraciones hacia aguas abajo, ni en las ciénagas en el área de influencia de los expedientes analizados, sino que puede estarse presentando una dilución por efectos de la escorrentía dado el incremento de caudales, lo cual favorece la reducción en las concentraciones hacia la parte baja de la cuenca.

Con respecto a los SST se observan impactos sobre la calidad del agua para los cuerpos de agua analizados, dado que, de acuerdo con la literatura técnica consultada, los resultados de los SST indican altos niveles de alteración (máximo 2550 mg/l y promedio de 100 mg/l),



lo cual puede ser causado por descargas de agua residual con alto contenido de material suspendido, así como por fuentes difusas, por arrastre de sedimentos en épocas de lluvias o por efecto de la escorrentía, además se evidencia en la matriz agua la acumulación en cuanto a este parámetro en la cuenca del Río Calenturitas, dado que se observan mayores concentraciones hacia aguas abajo, hecho que no se presenta en las ciénagas de manera directa ni en los otros tramos fuera de la cuenca del río Calenturitas.

En relación con los sulfatos, se observan impactos sobre la calidad del agua para los cuerpos de agua analizados, dado que, de acuerdo con la literatura técnica consultada, los resultados indican altos niveles de alteración (concentración máxima de 2438 mg/L y promedio de 272 mg/l), lo anterior puede ser consecuencia de las descargas mineras o por fuentes difusas como consecuencia de actividades agrícolas y pecuarias, así como por condiciones naturales de origen geológico que se presentan sobre los cuerpo de agua sin embargo, no se evidencia en la matriz agua la acumulación en cuanto a este parámetro, ni en cuerpos lóticos ni en las ciénagas en las ciénagas.

De acuerdo con los resultados de la conductividad eléctrica, y según la literatura técnica consultada, se evidencian impactos importantes sobre la calidad dado que se observan niveles altos de concentración y mineralización elevada (hasta 3300 μ S/cm, con promedio de 644 μ S/cm), sin embargo, no se evidencia en la matriz agua acumulación en cuanto a este parámetro, dado que no se observa incremento hacia aguas abajo, sino que puede estarse presentando una dilución por efectos de la escorrentía dado el incremento de caudales hacia aguas abajo, lo cual favorece la reducción en las concentraciones hacia la parte baja de la cuenca, y simular situación en las ciénagas.

En cuanto al oxígeno disuelto, los resultados en general estuvieron entre mínimo 0,63 y promedio de 6,86 mg/l, lo cual indica que en general se cumple con el objetivo de calidad establecido a nivel de promedios. También se observan condiciones de calidad entre aceptable y buena en la mayoría de los cuerpos de agua, por su parte en las ciénagas Mata de Palma y sus afluentes Arroyos Paraluz y Garrapata, así como en el arroyo las Ánimas se han presentado de manera esporádica algunos valores que indican condiciones de calidad mala. Lo anterior, puede ser causado por la reducción de las velocidades en los cuerpos lénticos, la materia orgánica en descomposición, descargas de aguas residuales industriales provenientes de actividades mineras y agropecuarias de la zona, entre otros.

Por último, se observan impactos sobre la calidad del agua para cuerpos de agua analizados en cuanto al parámetro coliformes totales (máximo 160000 NMP/100ml, con promedio de 8455 NMP/100ml), 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 ni en las ciénagas en el área de influencia de los expedientes mineros.

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

5.2.1 Río Calenturitas

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, fluoruros, hierro, nitritos, en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes (totales y fecales), DQO y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios.

En el río Calenturitas se observan las mayores concentraciones de SST de los cuerpos de agua analizados en la zona minera del Cesar (promedio 167 mg/l y máximo 2550 mg/L).

En cuanto a la tendencia, en los parámetros pH, ortofosfatos, Nitrógeno Kjeldah, fluoruros, sulfuros, y alcalinidad se observa tendencia decreciente, mientras que los nitratos presentaron tendencia creciente. En los demás casos no se observa tendencia definida.

5.2.2 Río Tucuy

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, fluoruros, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales, DQO y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios.

En el río Tucuy se observan las mayores concentraciones de DQO (máximo 285 mg/l y promedio 89 mg/l) y de coliformes totales (promedio 13000 NMP/100ml y máximo 92000 NMP/100ml), de los cuerpos de agua analizados en la zona minera del Cesar

En cuanto a la tendencia, el oxígeno disuelto se observa tendencia decreciente, mientras que los sólidos suspendidos totales, sólidos totales, turbidez y hierro presentaron tendencia creciente. En los demás casos se observa que no hay tendencia.

5.2.3 Caño Canime

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento

en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales, DQO y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios.

En el caño Canime se observan las mayores concentraciones de conductividad eléctrica (máximo 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedio 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y sulfatos (promedio 729 mg/l y máximo 2438 mg/L) de los cuerpos de agua analizados en la zona minera del Cesar

Se evidencia tendencia creciente en Sólidos suspendidos totales, Sólidos Totales, Fluoruros, Sulfatos, Alcalinidad y tendencia creciente en pH, oxígeno disuelto. En los demás casos se observa que no hay tendencia.

5.2.4 Caño Santa Cruz

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DQO, hierro, nitritos, y coliformes fecales en valores máximos, y en otros casos se observa incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en los parámetros coliformes totales y Sólidos suspendidos totales se observa incumplimiento también a nivel de los promedios.

Se evidencia tendencia creciente en pH, sólidos totales, Nitratos, Sulfatos, conductividad, y sólidos disueltos. En los demás casos se observa que no hay tendencia.

5.2.5 Caño Santiago - Río Sororia

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros coliformes totales en valores máximos, y en el oxígeno disuelto en sus valores mínimos, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

5.2.6 Ciénaga la Panchita

Se destacan valores altos en coliformes totales, conductividad, sulfatos y alcalinidad. En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

5.2.7 Caño Platanal – El Zorro

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: Coliformes totales, Coliformes fecales, DQO, Oxígeno disuelto y Sólidos suspendidos totales.



5.2.8 Caño Caimancito

En cuanto a los tramos analizados se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: Coliformes totales, DQO, Oxígeno disuelto y Sólidos suspendidos totales.

Las mayores concentraciones de coliformes totales se han presentado en el río Tucuy y en el Caño Caimancito (promedio 12700 NMP/100ml y máximo 130000 NMP/100ml), de los cuerpos de agua analizados en la zona minera del Cesar

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia arrojó tendencia creciente para: Sólidos totales.

5.2.9 Arroyo Paraluz

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: Coliformes totales, DQO, cadmio, SAAM, oxígeno disuelto, DBO5, SST, Coliformes fecales y Hierro.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia arrojó tendencia creciente para: DQO y nitritos.

5.2.10 Arroyo Garrapata

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: la DQO, oxígeno disuelto, DBO5, SST, y Hierro.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

5.2.11 Ciénaga Mata de Palma

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: DQO, oxígeno disuelto, coliformes totales y fecales, SST y Hierro.

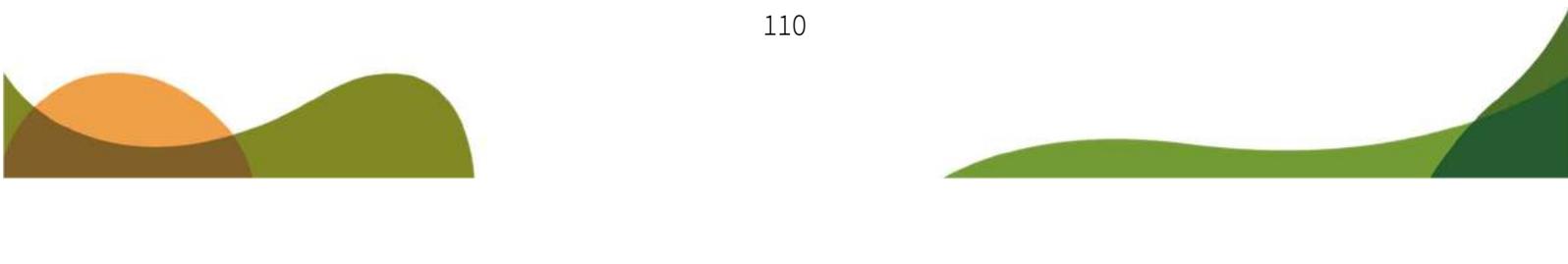
Los valores más bajos de oxígeno disuelto se han presentado en la ciénaga Mata de Palma, siendo el mínimo 0,63 mg/l y promedio 5,12.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia no arrojó tendencia para los parámetros analizados.

5.2.12 Arroyo San Antonio

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: Coliformes totales, Coliformes fecales, SST, DQO, DBO5, y Hierro.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia arrojó tendencia creciente para: Conductividad y temperatura.



5.2.13 Arroyo las Ánimas

Se observa incumplimiento de los objetivos de calidad (6mg/l) en el oxígeno disuelto, a nivel de mínimos y promedios. A partir de los datos analizados se observa que no hay tendencia definida de los parámetros sobre este cuerpo de agua.

5.3 Alertas regionales (internas) en el marco del seguimiento y control de ANLA

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 hidrobiológicos y en la matriz de sedimentos que se realicen, 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 expedientes del área realizar análisis temporal y espacial de las variables conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, y sulfatos en sus puntos de monitoreo sobre cuerpos de agua receptores de vertimiento y en vertimientos, con el fin de establecer las causas de los valores tan elevados en estos tres parámetros, y de ser el caso proponer las medidas correctivas necesarias. Lo anterior específicamente sobre el río Calenturitas en los expedientes: LAM2622 y LAM 1862. Para río Tucuy en los expedientes: LAM1203 y LAM2622. Para el Caño Canime expediente: LAM1203. Para el caño Santacruz expedientes: LAM3831 y LAM1203. Para el Caño Caimancito expediente LAM2622. Para el arroyo Paraluz expedientes: LAM1862 y LAM0027. Para arroyo Garrapata expediente LAM0027. Para Caño El Tigre - Arroyo San Antonio expediente LAM0027. En la ciénaga mata de Palma expedientes: LAM0027 y LAM1862, finalmente en el Caño Platanal – El Zorro expediente LAM3271.

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.



6 BIBLIOGRAFÍA

- [1.] ANLA.2021. Documento Técnico Estrategia Regional de Monitoreo del recurso hídrico superficial para la zona centro del departamento del Cesar. Bogotá.
- [2.] ANLA. 2021. Actualización del Reporte de análisis regional de la Zona Minera del Cesar. Bogotá.
- [3.] CORPOCESAR, 2018. Resolución 1418 del 30 de octubre de 2018. “*Por la cual se establecen los objetivos de calidad de corto, mediano y largo plazo para los cuerpos de agua superficiales de la jurisdicción de CORPOCESAR para el periodo 2019 - 2029*”
- [4.] Posada, Mojica, Pino, & Bustamante, 2013. Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. Aplicación al caso del río Medellín, en el Valle de Aburrá en Colombia.
- [5.] Rodier J, Legube B, Merlet N. 2010. Análisis del agua. Barcelona.
- [6.] Roldan G, Ramírez J. 2008. Fundamentos de limnología Neotropical. Rionegro.
- [7.] Tarradellas, J. ,2006. Red de Calidad del Agua de los Ríos de Colombia. Lausanne.

7 ANEXOS

Anexo 1: Actos administrativos

Anexo 2: Coordenadas red de monitoreo Zona Minera del cesar

Anexo 3: Coordenadas puntos de monitoreo analizados 2020-2023

Anexo 4: Análisis tendencial

Anexo 5: Box plot por cuerpos de agua

