



Autoridad Nacional
de Licencias Ambientales



INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES: ESTRATEGIA DE MONITOREO RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN LA ZONA MINERA DEL CENTRO DEL CESAR - ZMCC

*Aplicación de la Fase IV: análisis de
información (2020 – 2025)*

DICIEMBRE *2025*

Irene Vélez Torres
Director General

Jorge Alberto Sanabria
**Subdirector Instrumentos
Permisos y Trámites
Ambientales**

Oscar Alexander Varila Quiroga
Coordinador
**Grupo de Regionalización
y Centro de Monitoreo**

Yuli Carolina Velandia Roncancio
Líder
Implementación Regional

Shadia Bethsua Molina Rojas
Profesionales
**Implementación Regional -
Componente Hídrico Superficial**



CONTENIDO

GLOSARIO	3
INTRODUCCIÓN	4
1 DESCRIPCION DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL.....	7
1.1 Condición de Lugar.....	9
1.2 Condición de Tiempo.....	11
1.3 Condición de Modo	12
2 ANÁLISIS REGIONAL DE LA CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL.....	13
2.1 Información Analizada	13
2.2 Resultados.....	15
2.2.1 Cuerpos de agua objeto de análisis	15
2.2.2 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis	20
2.2.3 Análisis de Resultados por cuerpo de agua	21
2.2.4 Análisis de Parámetros Relevantes en la Zona de Estudio	78
3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
3.1 Conclusiones técnicas por cuerpo de agua de la red regional de monitoreo	92
3.1.1 Río Calenturitas.....	92
3.1.2 Caño Santiago - Río Sororia.....	92
3.1.3 Ciénaga la Panchita.....	93
3.1.4 Caño Platanal – El Zorro	93
3.1.5 Caño Caimancito.....	93
3.1.6 Arroyo Paraluz	93
3.1.7 Arroyo Garrapata.....	93
3.1.8 Ciénaga Mata de Palma.....	94
3.1.9 Arroyo San Antonio	94
3.1.10 Arroyo las Ánimas	94
3.2 Conclusiones Integradas Regionales	94
3.3 Alertas regionales (internas) en el marco del seguimiento y control de ANLA	97
4 BIBLIOGRAFIA	99
5 ANEXOS	99
5.1 Anexo 1.....	99
5.2 Anexo 2.....	99

GLOSARIO

ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORPOCESAR	Corporación Autónoma Regional del Cesar
CT	Coliformes Totales
Cu	Cobre
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DEM	Digital Elevation Model (Modelo Digital de Elevación)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EIAc	Evaluación de Impactos Acumulativos
GDB	Geographical Database (Base de Datos Geográfica o Geodatabase)
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (Sistema de Análisis de Ríos del Centro de Ingeniería Hidrológica)
ICA	Informe de Cumplimiento Ambiental
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MAG	Modelo de Almacenamiento Geográfico
Ni	Níquel
OD	Oxígeno Disuelto
ORFEO	Sistema de Gestión Documental
P	Fósforo
Pb	Plomo
pH	Potencial de Hidrógeno
POMCA	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas
Portal	Portal de Recepción de Información
SILA	Sistema de información de Licencias Ambientales
SIPTA	Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
USEPA	U.S. Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos)
VITAL	Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea



INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente análisis corresponde a generar evidencia técnica y sistemática que permita evaluar el estado del recurso hídrico superficial frente a presiones regionales, identificar impactos acumulativos y soportar decisiones de control ambiental por parte de la ANLA.

Específicamente 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, 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 ElAc, 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.

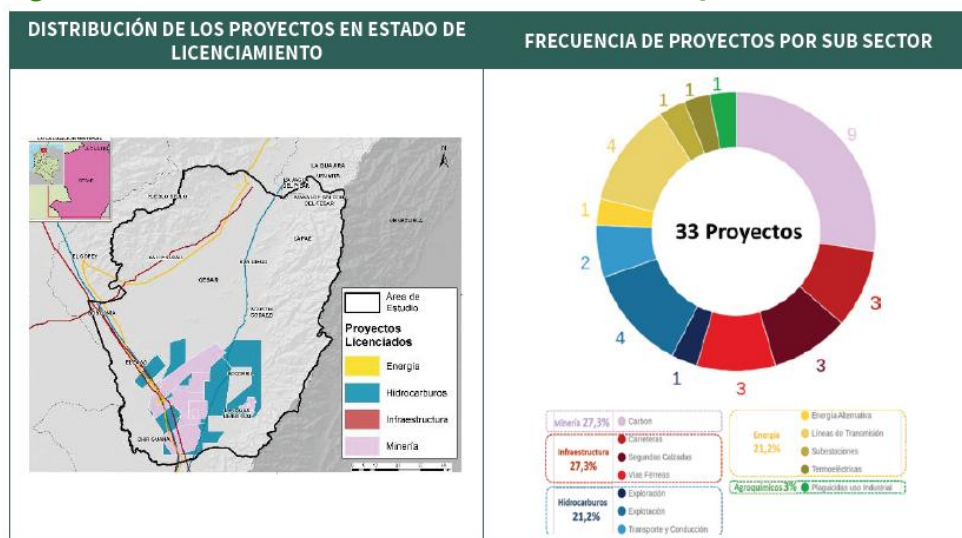
En este sentido, la ANLA desde el 2015, ha venido realizando gestión con las empresas mineras del departamento del Cesar, con el propósito de optimizar el seguimiento y control del recurso hídrico, y se estructuró la estrategia de monitoreo regional, la cual generó obligaciones inicialmente en el año 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 2024 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 31 de enero de 2025.

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 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.”* Este tipo de información constituye la base técnica para definir medidas correctivas, restricciones adicionales a los vertimientos o modificar condiciones de licenciamiento.

En el presente documento se muestra la comparación de los resultados de los monitoreos en las fuentes hídricas superficiales de interés frente a los objetivos de calidad establecidos por la autoridad ambiental regional (CORPOCESAR). Sin embargo, esta comparación se realiza con el fin de generar alertas respecto al estado del recurso y no implica necesariamente una violación a límites máximos permisibles asociados a vertimientos u a otra obligación establecida dentro de la licencia ambiental. La verificación de límites máximos de vertimientos se lleva a cabo en detalle en el marco del seguimiento de cada uno de los expedientes asociados a las estrategias de monitoreo regional, por lo tanto, lo que se presenta en este documento son recomendaciones que deben ser verificadas y validadas en el seguimiento con los soportes respectivos.

Sin embargo, en el marco jurídico y ambiental de la zona minera del departamento del Cesar, es pertinente mencionar las actuaciones judiciales y los procesos sancionatorios vigentes en los expedientes objeto de análisis en el presente documento que han sido ejecutadas por la ANLA en el marco de sus competencias, específicamente en cuanto al componente hídrico superficial.

Las órdenes judiciales corresponden a aquellas decisiones emitidas por autoridades judiciales competentes, cuyo objetivo es la protección de derechos fundamentales y colectivos, así como la salvaguarda de territorios y comunidades. En este sentido, para el área de estudio del presente informe, se identifica una (1) orden judicial, la cual se encuentra asociada a la protección del territorio ancestral del pueblo indígena Yukpa.

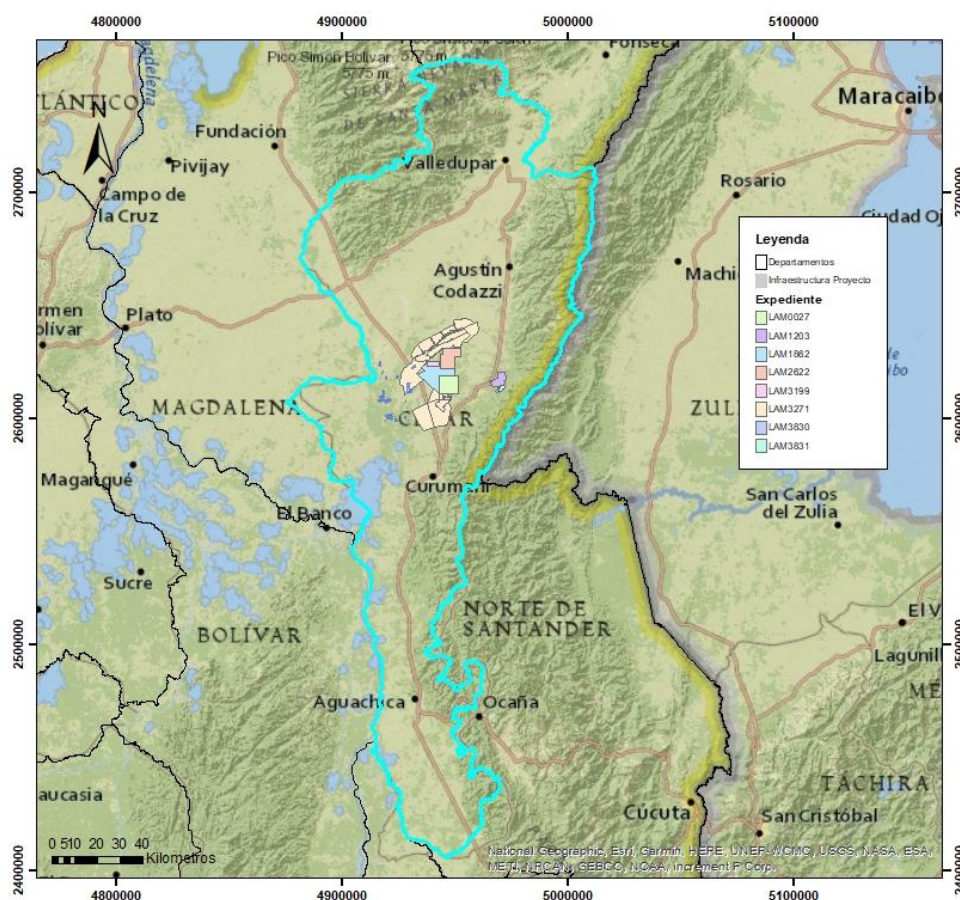
Por su parte, los procesos sancionatorios corresponden a actuaciones administrativas adelantadas por la autoridad ambiental, orientadas a investigar y, de ser el caso, sancionar presuntos incumplimientos a la normatividad ambiental vigente. Para el área regionalizada se registran tres (3) procesos sancionatorios, en donde los hechos motivantes se relacionan con la presunta afectación del recurso hídrico superficial y su posible relación con las actividades mineras desarrolladas en el territorio.

Es pertinente precisar que lo antes mencionado podrá ser consultado en el Anexo 1. del presente documento.

1 DESCRIPCION 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.

En la Tabla 1 se relacionan los expedientes asociados con la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial, adicionalmente, en la tabla en mención se relacionan los diferentes actos administrativos que han establecido lineamientos técnicos y jurídicos que consolidan la Estrategia Regional de monitoreo, y que han sido adoptados de manera progresiva mediante obligaciones específicas impuestas en cada expediente.

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 de 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, 2025

Para la estrategia se utilizan ciertos parámetros o condiciones, las cuales se explican a continuación:

Modo (Cómo se realiza el monitoreo):

El modo en el monitoreo de la calidad del agua se refiere a la manera en que se lleva a cabo el proceso de recolección y análisis de datos. Describe las metodologías, técnicas y herramientas utilizadas para obtener información sobre las características del agua.

Tiempo (Cuándo se realiza el monitoreo):

El tiempo en el monitoreo de la calidad del agua se refiere a la frecuencia y los momentos específicos en que se llevan a cabo las actividades de muestreo y análisis. Es crucial para comprender las variaciones en la calidad del agua a lo largo del tiempo y detectar posibles tendencias o eventos anómalos.

Lugar (Dónde se realiza el monitoreo):

El lugar en el monitoreo de la calidad del agua se refiere a las ubicaciones geográficas específicas donde se toman las muestras y se realizan las mediciones. La selección de los puntos de muestreo es fundamental para obtener una representación precisa de la calidad del agua en un sistema hídrico determinado.

En resumen, al describir un programa de monitoreo de la calidad del agua, es crucial especificar el modo en que se realiza el monitoreo (metodología), el tiempo en que se lleva a cabo (frecuencia y momentos) y el lugar donde se efectúa (ubicaciones de muestreo) para comprender completamente cómo se evalúa y se sigue la salud de los recursos hídricos.

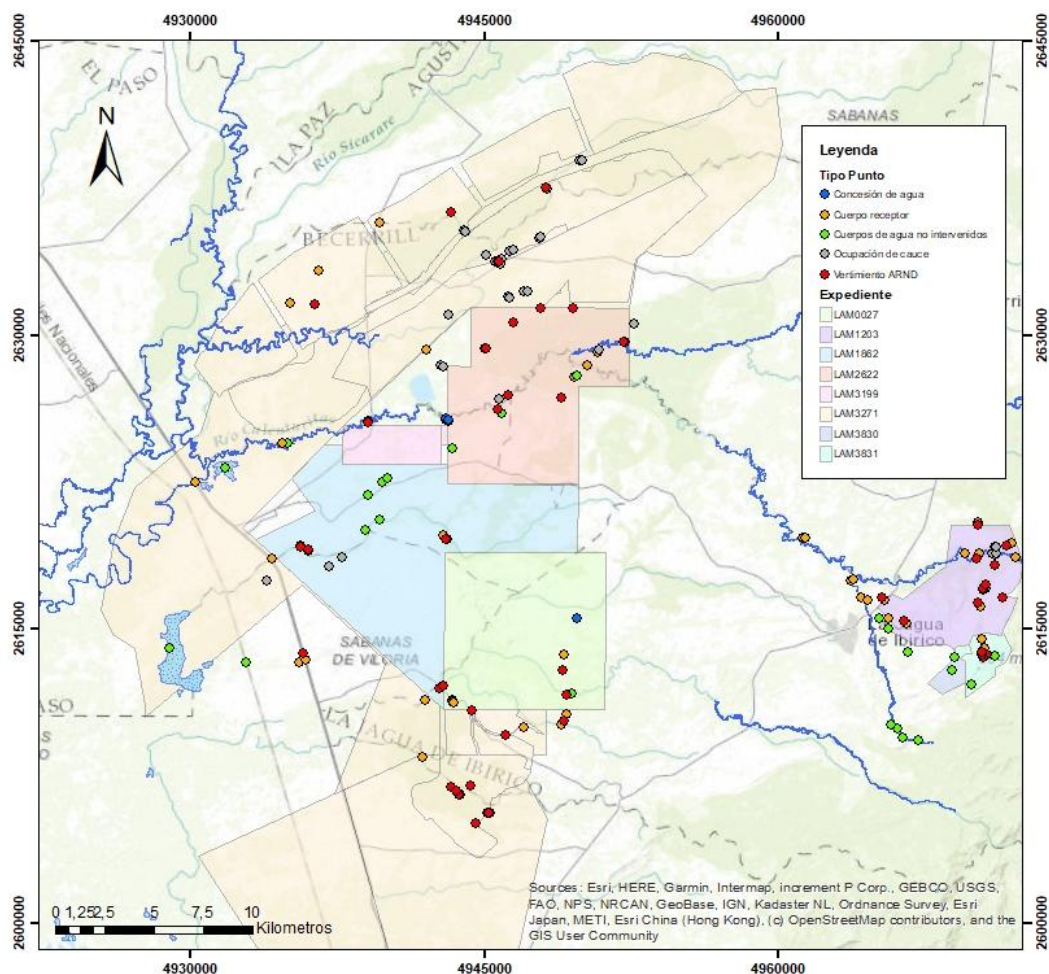
1.1 Condición de Lugar

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 por la ANLA en los seguimientos respectivos.

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

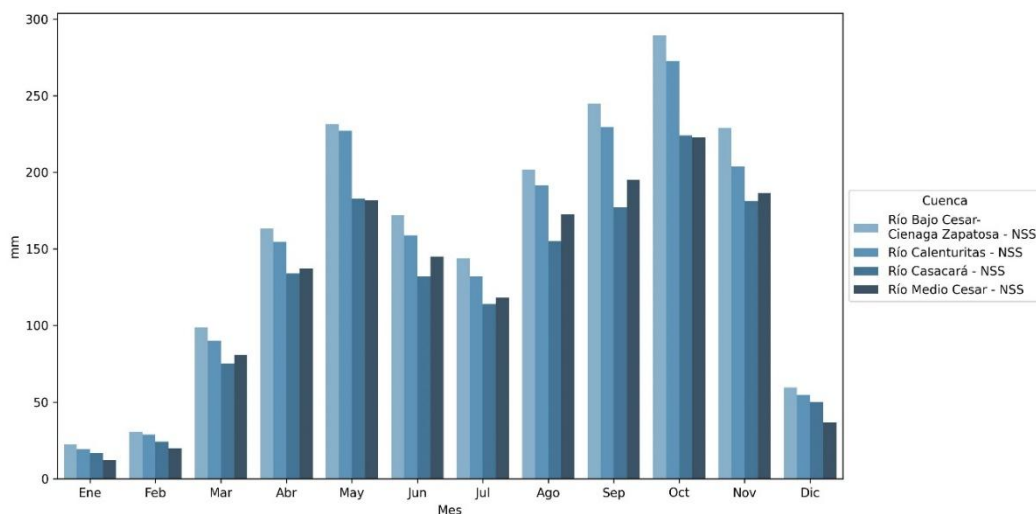
Expediente	Concesión de agua	Cuerpo receptor	Cuerpos de agua no intervenidos	Ocupación de cauce	Vertimiento ARND	Total por expediente
LAM0027	1	9	2		9	21
LAM1203		18		5	11	34
LAM1862		3	7	6	2	18
LAM2622		7	6	4	8	25
LAM3199		4	1		2	7
LAM3271	5	12	1	25	11	54
LAM3831		2	11		4	17
Total por tipo de punto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

Fuente: ANLA, 2025.

1.2 Condición de Tiempo

De acuerdo con las condiciones climáticas de la zona se describe a continuación el régimen de precipitaciones en el cual se basa la condición de tiempo de la estrategia.

Figura 4 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.

Con base a las características del régimen hidrológico en el centro del Departamento del Cesar y sus implicaciones ecológicas y ambientales, en donde se identifica que la temporada

de lluvias más fuerte se presenta en los meses de septiembre a noviembre y la temporada seca más intensa, se presenta en los meses de enero a marzo, se definió la temporalidad de los monitoreos.

En primer lugar, 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** 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, 2025.

En cuanto a los vertimientos, se estableció que los monitoreos asociados a vertimientos y cuerpos receptores de vertimientos tienen frecuencia de monitoreo mensual.

1.3 Condición de Modo

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 los parámetros con las características físicas y químicas de los sedimentos, sin embargo, teniendo en cuenta, la poca cantidad de datos que ha sido reportada con objeto de la estrategia, se decidió que el enfoque de este documento son las características fisicoquímicas de la matriz agua, y por el momento no se analizan en el presente documento, la información asociada a la matriz de sedimentos ni a parámetros hidrobiológicos, en consecuencia, 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.

Tipo de parámetro	Parámetro
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 ANÁLISIS REGIONAL DE LA CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO SUPERFICIAL

2.1 Información Analizada

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 1 de enero de 2025, asociada con los expedientes presentes en el área de interés y que hacen parte de la estrategia, con datos en el periodo 2020 a 2024, 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 Geodatabase (GDB) de los ICA correspondientes a los años 2020 hasta 2024, con corte documental a 31 de enero de 2025. Por último, se revisó la información radicada mediante ICA, correo, portal, SILA, VITAL y ORFEO a partir de la entrada en vigor 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 5, se presenta un resumen de la información que se tuvo en cuenta para el análisis, en donde se evidencia que de la totalidad de expedientes solo dos están reportando correctamente (LAM0027 y LAM3271), dos expedientes más tienen reportes incompletos (LAM1203 y LAM2622) y los demás solo reportan la información vía ICA:

Tabla 5 Disponibilidad de información en cada expediente

EXPEDIENTE	RADICADO	FECHA	FUENTE
LAM3831	2021059329-1-000	31-mar-21	ICA
LAM3831	2022061211-1-000	31-mar-22	ICA
LAM3831	20236200665112	27-sep-23	ICA
LAM3831	20246200317432	20-mar-24	ICA
LAM3831	20246200840102	25-jul-2024	ICA
LAM3831	20246201349792	21-nov-2024	ICA
LAM3271	2021092472-1-000	11-may-21	CORREO y PORTAL
LAM3271	2022089448-1-000	9-may-22	CORREO y PORTAL



EXPEDIENTE	RADICADO	FECHA	FUENTE
LAM3271	2023069222-1-000	31-mar-23	CORREO y PORTAL
LAM3271	20246200115142	31-ene-24	CORREO y PORTAL
LAM3271	20246200254712	6-mar-24	CORREO y PORTAL
LAM3271	20246200260352	6-mar-24	CORREO y PORTAL
LAM3271	20246200504192	19-abr-24	CORREO y PORTAL
LAM3199	2022019084-1-000	7-feb-22	ICA
LAM3199	2022187886-1-000	30-ago-22	ICA
LAM3199	20236200289862	29-jun-23	ICA
LAM3199	20246201207032	18-oct-2024	ICA
LAM3199	20246201378542	27-nov-2024	ICA
LAM3199	20246201536182	31-dic-2024	ICA
LAM2622	2022082702-1-000	29-abr-22	ICA
LAM2622	20236200051842	28-abr-23	ICA
LAM2622	20246200483102	30-abr-24	ICA
LAM1862	2021185408-1-000	31-ago-21	ICA
LAM1862	2022082269-1-000	29-abr-22	ICA
LAM1862	20236200054202	28-abr-23	ICA
LAM1862	20246200482032	30-abr-24	ICA
LAM1862	20246201206822	18-oct-2024	ICA
LAM1862	20246201378382	27-nov-2024	ICA
LAM1862	20246201536102	31-dic-2024	ICA
LAM1862	20256200080572	23-ene-2025	ICA
LAM1203	2022082749-1-000	29-abr-22	ICA y PORTAL
LAM1203	20236200722482	11-oct-23	ICA y PORTAL
LAM1203	20246200483062	30-abr-24	ICA y PORTAL
LAM0027	2021119008-1-000	15-jun-21	ICA y PORTAL
LAM0027	2022121298-1-000	14-jun-22	ICA y PORTAL
LAM0027	20236200170642	31-may-23	ICA y PORTAL
LAM0027	20236201061972	28-dic-23	ICA y PORTAL
LAM0027	20246200115262	31-ene-24	ICA y PORTAL
LAM0027	20246200253042	6-mar-24	ICA y PORTAL
LAM0027	20246200259412	6-mar-24	ICA y PORTAL
LAM0027	20246200504802	23-abr-24	ICA y PORTAL
VAR0032	20236200737492	13-oct-2023	SILA
VAR0032	20246200393522	10-abr-2024	SILA
VAR0032	20246201378522	27-nov-2024	SILA
VAR0032	20246201447212	11-dic-2024	SILA
VAR0040-00	20236200727072	11-oct-2023	SILA
VAR0040-00	20246200393392	10-abr-2024	SILA
VAR0040-00	20246201378522	27-nov-2024	SILA

Fuente: ANLA, 2025.

Es importante tener presente que se tuvo en cuenta la información radicada con los ICA, correos allegados al centro de monitoreo y radicados en vital según se muestra en la tabla anterior, por lo que es importante aclarar 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.

En la Tabla 6, 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 110 puntos de monitoreo y un total de 42646 datos.

Tabla 6. Descripción de los tramos objeto de análisis y la información disponible en cada uno

Tramo	Periodo	Total de Puntos por cuerpo de agua	Total de datos por cuerpo de agua*
Arroyo Paraluz	2020 –2024	16	4169
Arroyo Garrapata	2020 - 2024	4	775
Ciénaga Mata de Palma	2020 - 2023	7	1554
Arroyo San Antonio	2020 - 2024	24	5367
Arroyo Caimancito	2020 - 2022	18	2271
Ciénaga la Panchita	2020 -2024	4	416
Arroyo las Ánimas	2020 - 2024	11	5123
Arroyo Platanal – El Zorro	2020 - 2024	49	5854
Río Calenturitas	2020 - 2024	23	6094
Caño Canime	2020 - 2023	5	6759
Río Tucuy	2020 - 2023	6	4324
Caño Santiago - Río Sororia	2022 - 2023	4	175
Caño Santa Cruz	2020-2023	4	5448

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

Fuente: ANLA, 2025.

De acuerdo con la información analizada y actualizada se encuentra que para el presente informe los expedientes que han venido reportando información por medio del portal de recepción son el expediente LAM0027 y el LAM3271. Para el resto de los expedientes se extrae la información de los ICA. De estos expedientes se encuentra que están reporta información de parámetros fisicoquímicos en cuerpos receptores, muestreos hidrobiológicos y sedimentos.

2.2 Resultados

2.2.1 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,

En línea con lo anterior, se definieron los cuerpos de agua objeto de análisis en el presente informe, los cuales corresponden 11 cuerpos lóticos sobre los cuales se realizan vertimientos mineros, y 2 cuerpos lénticos que reciben cuerpos lóticos receptores o cercanos a estos. Para estos 13 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 este documento, sin embargo, será incluido en posteriores actualizaciones.



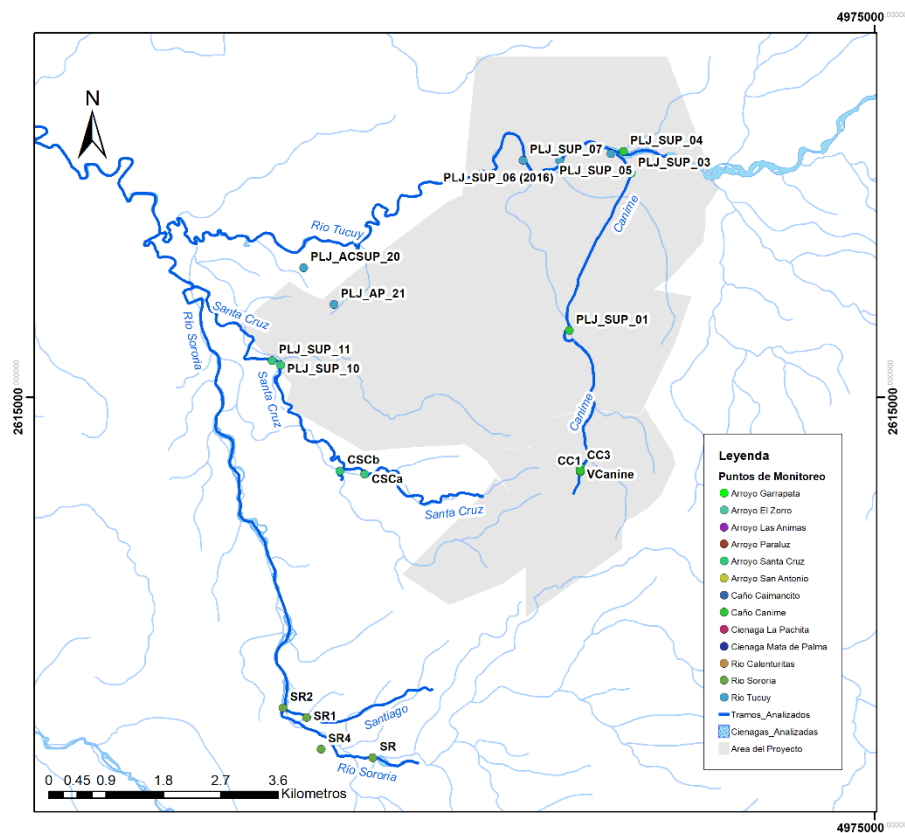
Para el análisis se tuvo en cuenta los parámetros establecidos en la estrategia de monitoreo regional para cuerpos de agua receptores de vertimiento los cuales se indican en la Figura 5, sin embargo, no en todos los cuerpos de agua, ni en todos los años, se contó con la información de todos los parámetros analizados. De las razones que reposan en la información allegada a la entidad se encuentran, no acceso a predios donde están los puntos de monitoreo, cuerpos de agua secos por época climática y al hecho de que para algunos de los expedientes ya se hizo entrega de los títulos mineros y se encuentran en estado de desmantelamiento y abandono como es el caso del expediente LAM1203.

Como referencia de su localización, en las siguientes figuras (Figura 6 a la Figura 9) 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, Portal y correo del centro de monitoreo 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.



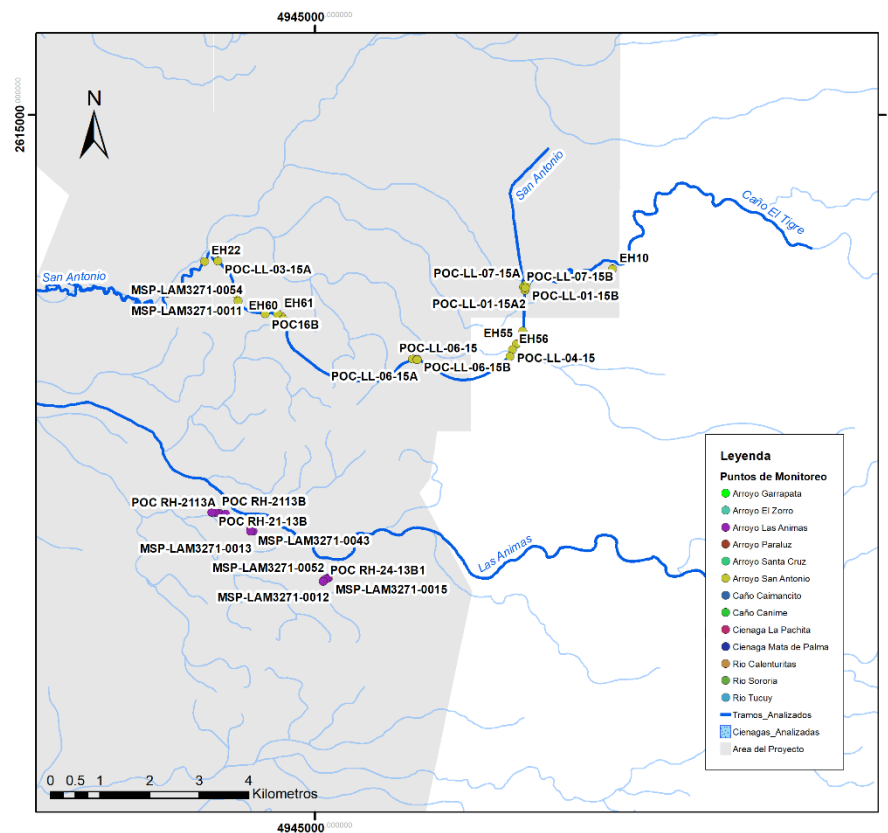


Figura 6 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (Santiago - Sororia, Santa Cruz, Canime, Tucuy)



Fuente: ANLA, 2024.

Figura 7 Nomenclatura puntos de monitoreo analizados (El tigre-San Antonio y Las Ánimas)



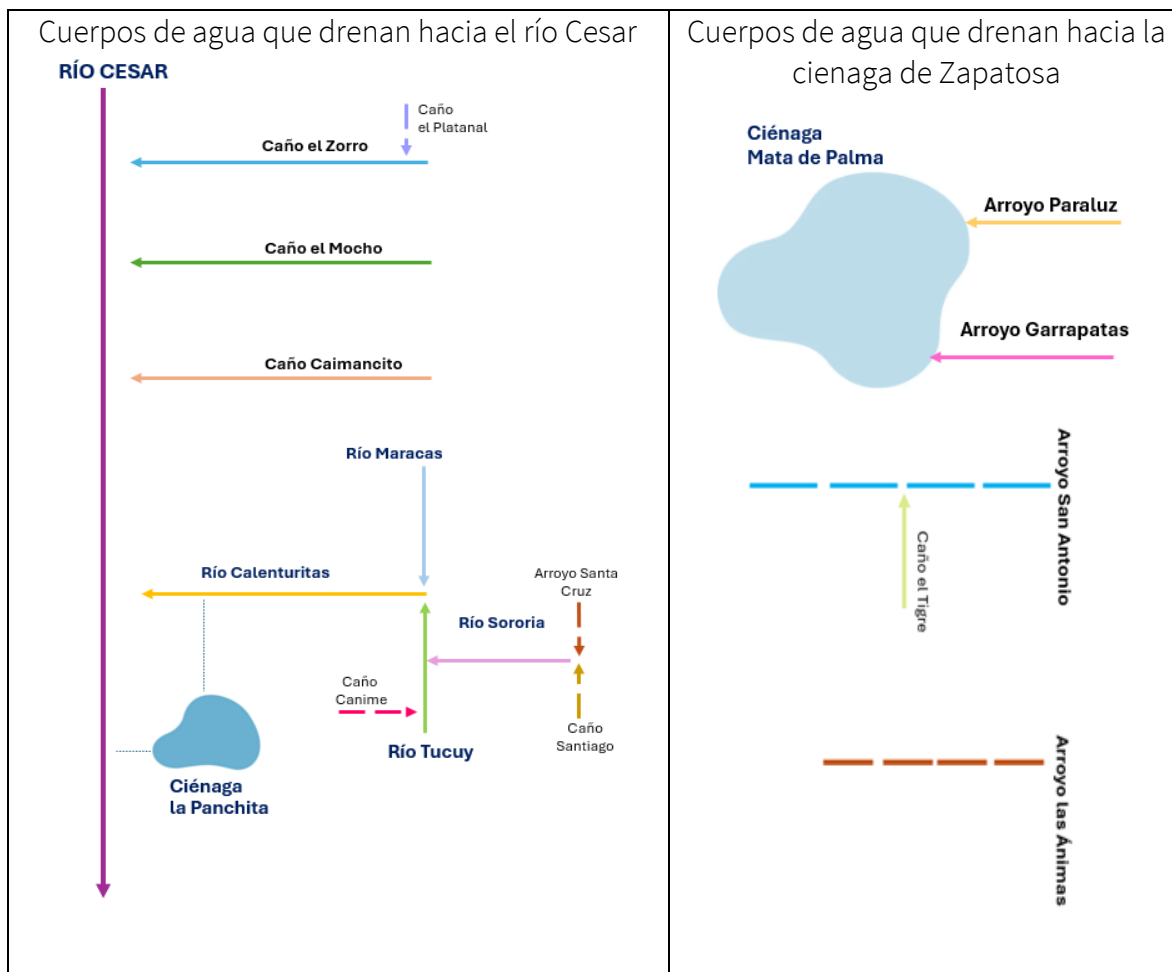
Fuente: ANLA, 2024.

Fuente: ANLA, 2024.

Fuente: ANLA, 2024.

A continuación, se presentan los modelos conceptuales que representan las dinámicas de las fuentes hídricas del área de estudio y sus respectivos afluentes:

Figura 10. Modelo conceptual definido para el análisis regional de calidad del agua en la cuenca de los cuerpos hídricos presentes en el área de estudio



Fuente: ANLA, 2025.

2.2.2 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, posteriormente el acto administrativo en comento fue modificado por la Resolución 219 del 17 de abril de 2024,



ajustando los valores para los parámetros tales como: coliformes fecales y totales, DBO, DQO, grasas y aceites, oxígeno disuelto y SST como se muestra a continuación en la Tabla 7:

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

PARÁMETRO	Objetivo de calidad Mediano Plazo (5 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	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	20000
Cromo en mg/L	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	<10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	<20
Fluoruros en mg/L	1
Grasas y Aceites en mg/L	<2.0
Hierro en mg/L	5
Níquel en mg/L	0,2
Nitratos en mg/L	<15
Nitritos en mg/L	<0.1
Oxígeno Disuelto en mg/L	>=4.5
Plomo en mg/L	5
Sólidos suspendidos totales en mg/L	<30
Zinc en mg/L	2
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	<0.5
Fosfatos	<1
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, 2024 - Artículo Tercero tramo 3 Resolución 219 del 17 de abril de 2024.

Con excepción de los parámetros resaltados en gris (en la tabla anterior), 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 2024 (corto plazo), como se muestra a continuación.

2.2.3 Análisis de Resultados por cuerpo de agua

A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros definidos en la estrategia de monitoreo regional que presentan resultados superiores al límite de

detección de la técnica utilizada, obteniendo algunos estadísticos como son los valores 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 de calidad establecido.

Así mismo se realizan comparaciones frente a los resultados del periodo 2020-2023, los cuales fueron analizados por el grupo de regionalización y centro de monitoreo de la ANLA, en el documento [3.], frente a los resultados obtenidos durante 2024, con el fin de establecer si se presenta alguna tendencia a nivel temporal.

Posteriormente se realiza un análisis espacial y temporal de los resultados de parámetros en los cuales se presentó incumplimiento del objetivo de calidad. Adicionalmente se realizan comparaciones con criterios de calidad definidos en la literatura técnica según se indica en cada caso.

2.2.3.1 Río Calenturitas

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 9. 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 4 expedientes (VAR0032 asociado al LAM3271, LAM2622, LAM3199 y LAM1862) 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. Para el periodo de análisis 2024, se actualizan los datos de los expedientes VAR0032 y LAM3199.

Los valores reportados en cero corresponden a los que son menores al límite de detección.

Tabla 8. 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	0,000	55,100	16,809	0,000	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	16,280	237,000	121,488	16,280	ND
Arsénico en mg/L	0,000	0,012	0,001	0,000	0,01
Cadmio en mg/L	0,000	0,016	0,007	0,000	0,01
Carbono Orgánico Total en mg/L*	2,030	9,890	3,760	1,590	ND
Cloruros en mg/L	0,000	30,200	5,484	4,050	ND
Cobre en mg/L	0,000	0,191	0,029	0,042	0,2
Coliformes Fecales en NMP/100ml	1,000	92000,000	3234,853	15701,212	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	1,000	92000,000	6193,833	16000,781	20000
Conductividad en µS/cm	76,000	1750,000	462,789	253,737	ND
Cromo en mg/L	0,000	0,100	0,013	0,021	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	0,000	152,000	8,066	13,993	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	0,000	285,000	37,514	42,252	20
Fenoles en mg/L	0,000	0,016	0,008	0,008	ND
Fluoruros en mg/L*	0,020	2,380	0,209	0,245	1



Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Fósforo Total en mg/L	0,000	1,630	0,286	0,279	ND
Grasas y Aceites en mg/L	0,000	7,000	0,526	1,288	2,0
Hidrocarburos Totales en mg/L	0,000	0,436	0,127	0,131	ND
Hierro en mg/L	0,029	17,583	3,044	3,340	5
Nitratos en mg/L	1,901	30,601	14,026	6,447	15
Nitritos en mg/L	0,000	1,950	0,561	0,373	0,1
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	0,000	1,610	0,040	0,157	ND
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	0,200	5,340	1,273	0,790	ND
Ortofosfatos en mg/L*	0,036	0,508	0,140	0,091	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	2,780	8,510	6,528	0,981	4,5
Plomo en mg/L	0,000	0,100	0,017	0,020	5
Sólidos Disueltos en mg/L*	5,360	914,000	305,283	173,385	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	20,000	0,581	2,089	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,600	887,000	149,179	161,113	30
Sólidos Totales en mg/L*	44,000	6100,000	616,197	742,448	ND
Sulfatos en mg/L	1,940	966,000	107,288	162,925	ND
Sulfuros mg/L*	0,200	4,110	1,400	1,216	ND
Temperatura en °C	9,600	33,800	29,388	2,301	ND
Turbidez en NTU	0,950	950,000	145,967	168,016	ND
Valor de pH	6,040	8,640	7,558	0,516	6-9

Fuente: ANLA, 2025. * Estos parámetros no fueron reportados para el periodo de análisis 2024; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo 2020-2023).

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad en los parámetros: DBO, DQO, grasas y aceites, hierro, nitritos y sólidos suspendidos totales en valores máximos, y en otros casos se presenta incumplimiento en los valores mínimos como en el oxígeno disuelto, indicando que el incumplimiento no es generalizado en todos los casos. No obstante, en los parámetros Coliformes Fecales, DQO y Sólidos Suspendidos Totales también se evidencia incumplimiento a nivel de los promedios.

Comparando los resultados obtenidos durante el año 2024 con los años anteriores, (2020-2023), se observa una tendencia a la disminución en algunos parámetros clave. Los valores promedio de Coliformes Fecales pasaron de 5162,050 NMP/100ml (promedio 2020-2023) a 3234,853 NMP/100ml en 2024, mientras que los Coliformes Totales descendieron de 8553,773 NMP/100ml a 6193,833 NMP/100ml, en los mismos periodos, reflejando una leve mejoría en las condiciones bacteriológicas. La Demanda Química de Oxígeno (DQO) también presentó una disminución en el promedio, pasando de 53,752 mg/L a 37,514 mg/L, aunque continúa superando el objetivo de calidad establecido de 20 mg/L. Indicando una mejoría en las condiciones del medio para esos parámetros en específico.

Por otro lado, se evidencia un aumento en los niveles de Nitratos y Nitritos respecto a los años anteriores, lo cual podría estar indicando un mayor aporte de fuentes asociadas a residuos orgánicos o actividades agrícolas y pecuarias. En el caso de los nitratos, el promedio

pasó de 0,544 mg/L en el periodo 2020-2023 a 14,026 mg/L en 2024, y los nitritos aumentaron de 0,055 mg/L a 0,561 mg/L, en los mismos periodos, superando además el objetivo de calidad establecido de 0,1 mg/L en el 2024.

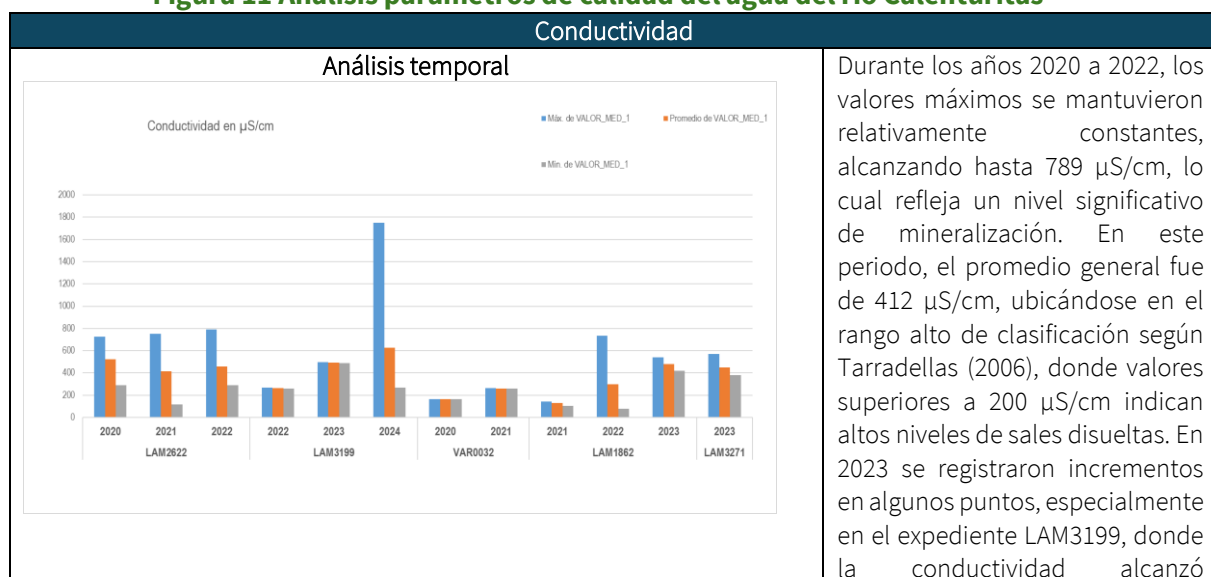
En el caso del hierro, los resultados se mantienen prácticamente estables entre ambos periodos, con un promedio de 3,010 mg/L en el periodo 2020-2023 y 3,044 mg/L en 2024, sin variaciones significativas que muestren mejoras o deterioros. El fósforo total también mantuvo un comportamiento similar, con promedios de 0,293 mg/L el periodo 2020-2024 y 0,286 mg/L en 2024.

El oxígeno disuelto ha conservado su comportamiento respecto a los años pasados, pasando de un promedio de 6,526 mg/L a 6,528 mg/L, manteniéndose en concentraciones adecuadas en términos de calidad al cumplir el objetivo de 4,5 mg/L. En relación con los sólidos suspendidos totales, aunque el promedio disminuyó de 166,487 mg/L a 149,179 mg/L, esta reducción aún no permite alcanzar el cumplimiento general del objetivo de calidad de 30 mg/L y es un valor que se mantiene en la cuenca dada la gran producción de sedimentos observada.

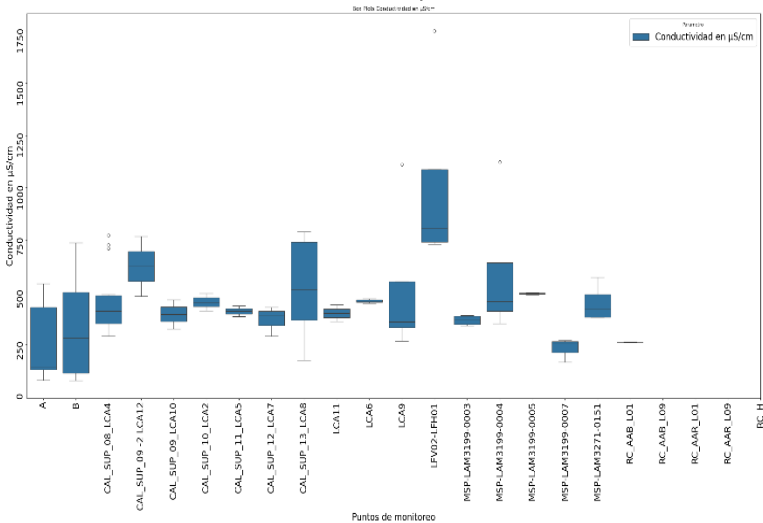
Finalmente, es preciso resaltar que para el presente informe no se reportó por parte de los titulares de las licencias información de los monitoreos realizados a parámetros como: Carbono orgánico, fenoles, nitrógeno amoniacal, ortofosfatos, sólidos disueltos, sólidos totales ni sulfuros los cuales hacen parte de la estrategia de monitoreo regional, por lo que se genera la recomendación para los seguimientos específicos de cada expediente.

Respecto a los parámetros en los que se observó incumplimiento en los objetivos de calidad o resultados muy altos, se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras, como se muestra a continuación:

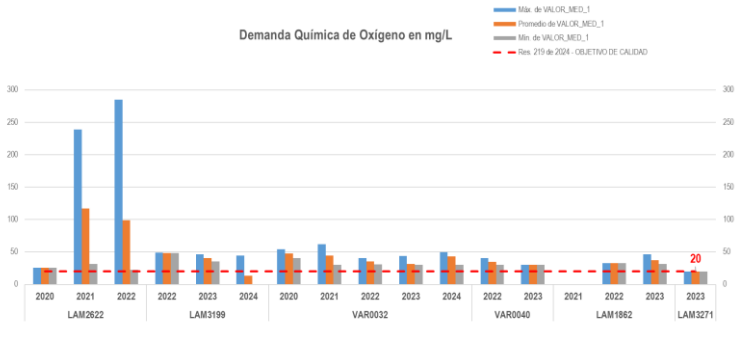
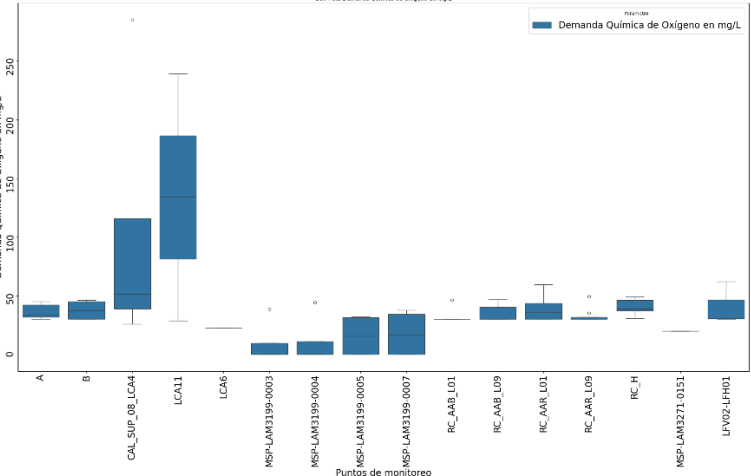
Figura 11 Análisis parámetros de calidad del agua del río Calenturitas





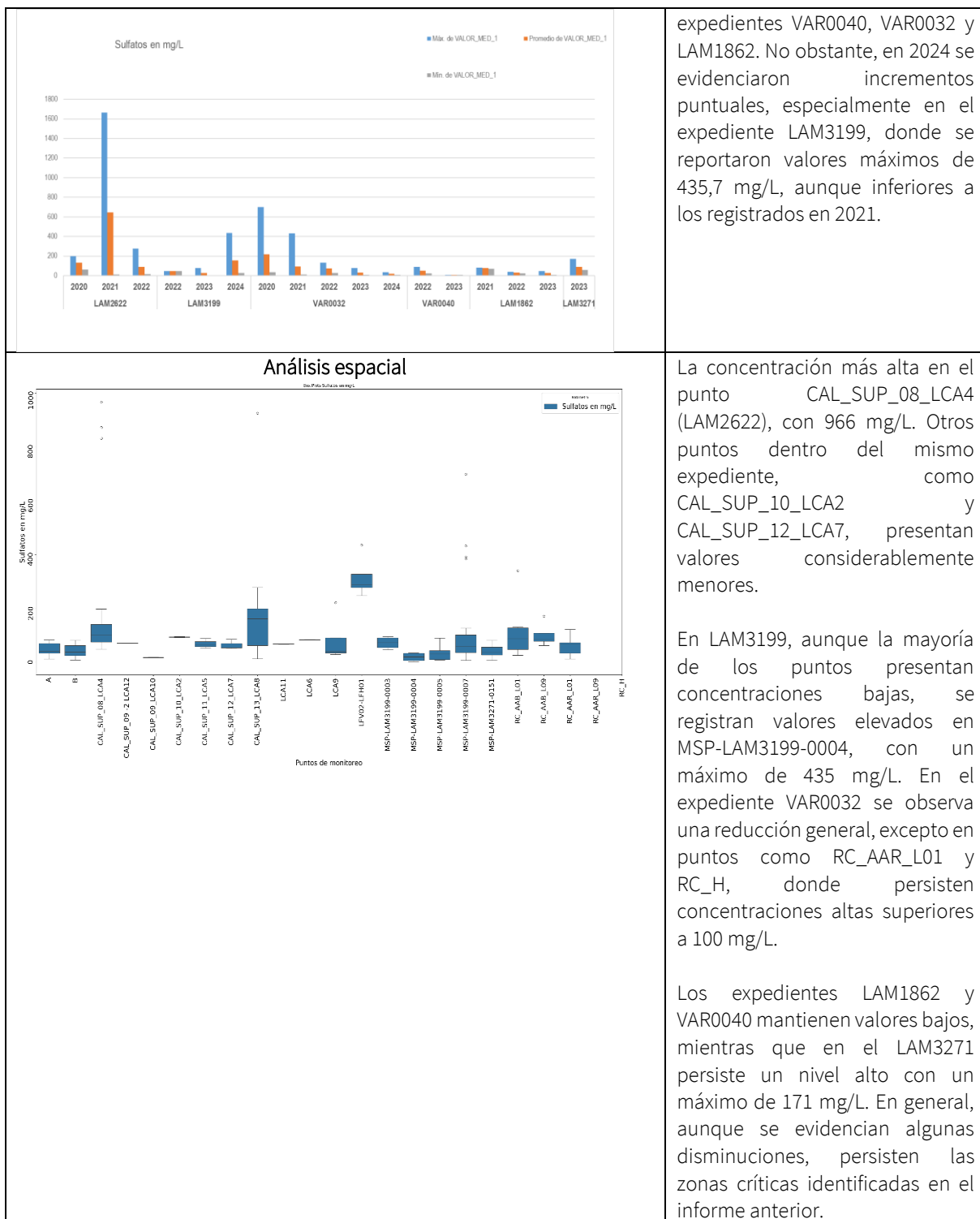
		máximos de 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y promedios cercanos a 493 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reflejando un aumento sostenido respecto a los años anteriores. En 2024, esta tendencia se acentuó, destacándose nuevamente el expediente LAM3199, donde en el punto MSP-LAM3199-0004 se alcanzó un máximo de 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un promedio de 626,51 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superando ampliamente los registros de años anteriores.																																																
Análisis espacial <table><caption>Summary of Conductivity Data from Box Plot</caption><thead><tr><th>Punto de Monitoreo</th><th>Conductividad (µS/cm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>~250</td></tr><tr><td>B</td><td>~350</td></tr><tr><td>CAL_SUP_08_LCA4</td><td>~450</td></tr><tr><td>CAL_SUP_09-2_LCA12</td><td>~550</td></tr><tr><td>CAL_SUP_09_LCA10</td><td>~450</td></tr><tr><td>CAL_SUP_10_LCA2</td><td>~450</td></tr><tr><td>CAL_SUP_11_LCA5</td><td>~450</td></tr><tr><td>CAL_SUP_12_LCA7</td><td>~450</td></tr><tr><td>CAL_SUP_13_LCA8</td><td>~550</td></tr><tr><td>LCA11</td><td>~450</td></tr><tr><td>LCA6</td><td>~450</td></tr><tr><td>LCA9</td><td>~550</td></tr><tr><td>LFV02-LPH01</td><td>~1000</td></tr><tr><td>MSP-LAM3199-0003</td><td>~450</td></tr><tr><td>MSP-LAM3199-0004</td><td>~626.51</td></tr><tr><td>MSP-LAM3199-0005</td><td>~450</td></tr><tr><td>MSP-LAM3199-0007</td><td>~1124</td></tr><tr><td>MSP-LAM3271-0151</td><td>~450</td></tr><tr><td>RC_AAB_L01</td><td>~250</td></tr><tr><td>RC_AAB_L09</td><td>~250</td></tr><tr><td>RC_AAB_L01</td><td>~250</td></tr><tr><td>RC_AAB_L09</td><td>~250</td></tr><tr><td>RC_H</td><td>~250</td></tr></tbody></table>		Punto de Monitoreo	Conductividad (µS/cm)	A	~250	B	~350	CAL_SUP_08_LCA4	~450	CAL_SUP_09-2_LCA12	~550	CAL_SUP_09_LCA10	~450	CAL_SUP_10_LCA2	~450	CAL_SUP_11_LCA5	~450	CAL_SUP_12_LCA7	~450	CAL_SUP_13_LCA8	~550	LCA11	~450	LCA6	~450	LCA9	~550	LFV02-LPH01	~1000	MSP-LAM3199-0003	~450	MSP-LAM3199-0004	~626.51	MSP-LAM3199-0005	~450	MSP-LAM3199-0007	~1124	MSP-LAM3271-0151	~450	RC_AAB_L01	~250	RC_AAB_L09	~250	RC_AAB_L01	~250	RC_AAB_L09	~250	RC_H	~250	Se mantienen como puntos de alta conductividad los sitios previamente identificados, como LCA11 (789 $\mu\text{S}/\text{cm}$), que coincide con el punto de descarga del vertimiento ARND_V8, y CAL_SUP_08_LCA4 (772 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ambos del expediente LAM2622, ubicado aguas abajo de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas, donde se forma el río Calenturitas. También se destacan CAL_SUP_09-2_LCA12 (767 $\mu\text{S}/\text{cm}$), localizado aguas arriba del vertimiento LF-V-ARM1 sobre el caño Bautista, afluente del río Calenturitas, y el punto B (736 $\mu\text{S}/\text{cm}$) del expediente LAM1862, clasificado como sitio de seguimiento a cuerpos receptores de vertimiento dentro de la estrategia de monitoreo regional. Sin embargo, en 2024 se presentan nuevos incrementos importantes, particularmente en el expediente LAM3199, donde puntos como MSP-LAM3199-0004 alcanzaron un máximo de 1750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y MSP-LAM3199-0007 registraron 1124 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superando ampliamente los valores observados en los años anteriores.
Punto de Monitoreo	Conductividad (µS/cm)																																																	
A	~250																																																	
B	~350																																																	
CAL_SUP_08_LCA4	~450																																																	
CAL_SUP_09-2_LCA12	~550																																																	
CAL_SUP_09_LCA10	~450																																																	
CAL_SUP_10_LCA2	~450																																																	
CAL_SUP_11_LCA5	~450																																																	
CAL_SUP_12_LCA7	~450																																																	
CAL_SUP_13_LCA8	~550																																																	
LCA11	~450																																																	
LCA6	~450																																																	
LCA9	~550																																																	
LFV02-LPH01	~1000																																																	
MSP-LAM3199-0003	~450																																																	
MSP-LAM3199-0004	~626.51																																																	
MSP-LAM3199-0005	~450																																																	
MSP-LAM3199-0007	~1124																																																	
MSP-LAM3271-0151	~450																																																	
RC_AAB_L01	~250																																																	
RC_AAB_L09	~250																																																	
RC_AAB_L01	~250																																																	
RC_AAB_L09	~250																																																	
RC_H	~250																																																	
Demanda Química de Oxígeno																																																		
Análisis temporal		Durante el periodo 2020-2024, se registraron concentraciones que en su mayoría superan el objetivo de calidad de 20 mg/L. Los valores																																																



Demanda Química de Oxígeno en mg/L 	más altos se presentaron en 2021 y 2022, destacando los expedientes LAM2622 con 239 mg/L y 285 mg/L respectivamente, y VAR0032 con 62 mg/L en 2021. El comportamiento del último año muestra cierta mejora respecto a los anteriores, aunque no de manera generalizada en toda la zona.
Análisis espacial Box Plot Demanda Química de Oxígeno en mg/L 	Los valores más altos se registraron en LCA11 (239-240 mg/L) y CAL_SUP_08_LCA4 (285 mg/L), ambos asociados al expediente LAM2622. LCA11 se ubica en la zona de descarga del vertimiento ARND_V8, mientras que CAL_SUP_08_LCA4 se encuentra aguas abajo de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas, lo que podría indicar aportes adicionales desde esta confluencia. También se presentaron concentraciones elevadas en RC_H (49.08 mg/L) y RC_AAB_L01 (46.17 mg/L), puntos ubicados aguas abajo, con influencia de los vertimientos. En contraste, puntos como LCA6 y varios de la serie MSP-LAM3199 mostraron valores bajos, cercanos al límite de calidad. Se recomienda priorizar el seguimiento en LCA11 por la persistencia de altas concentraciones en el área de descarga del vertimiento.
Sólidos suspendidos totales en mg/L	
Análisis temporal	En cuanto a sólidos suspendidos totales se observa variación de resultados en el periodo 2020-2024, con registros que fluctúan entre 5 y 887 mg/L. El año 2021 presentó las concentraciones más elevadas, especialmente en el expediente VAR0032. En 2023, en varios puntos se evidenció una disminución de las concentraciones respecto a 2021, aunque persistieron valores altos



Sólidos suspendidos totales en mg/L	en los expedientes LAM1862 y LAM3271. Sin embargo, para 2024 se observó nuevamente un incremento en algunos expedientes LAM3199 y VAR0032. En general, la mayoría de los datos superan ampliamente el objetivo de calidad de 30 mg/L, mostrando afectaciones relevantes en algunos expedientes como LAM2622, LAM3271 y LAM1862.
Análisis espacial	Los puntos donde se registraron las concentraciones más altas de sólidos suspendidos totales corresponden a LCA11 y CAL_SUP_08_LCA4 del expediente LAM2622, el primero ubicado en el área de descarga del vertimiento ARND_V8 y el segundo localizado aguas abajo de la confluencia del río Tucuy con el río Maracas, conformando el río Calenturitas. También se destacan el punto LFV02-LFH01 del expediente VAR0032, ubicado aguas abajo del vertimiento LF-V-ARM1 sobre el caño Bautista, afluente del río Calenturitas, y el punto B del expediente LAM1862, clasificado como cuerpo receptor de vertimientos en la estrategia de monitoreo regional. Todos estos puntos presentaron concentraciones superiores a 400 mg/L, consideradas como resultados de rango alto de acuerdo con las clasificaciones de CONAGUA y Ramírez y Viña (1998).
Sulfatos	
Análisis temporal	Los sulfatos entre 2020 y 2024 muestra concentraciones que oscilan entre 1,94 mg/L y 966 mg/L. El valor más alto se registró en 2021 en la estación LAM2622, alcanzando los 966 mg/L. Para 2023 se observa una reducción generalizada de los niveles en la mayoría de los puntos de monitoreo, reflejándose menores concentraciones en los



Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.2 Río Tucuy

La localización de los puntos de monitoreo se muestra en la Figura 6. 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 LAM2622, y entrega sus aguas al Río Calenturitas. Para el periodo de análisis NO se actualizan los datos de los expedientes debido a que el expediente LAM1203 se encuentran en tiempos de presentar el ICA 16. En cuanto al expediente LAM2622 la Sociedad se encuentra en tiempos de entrega del ICA 17 y no reportaron información nueva del río Tucuy. Para ambos expedientes hay un cargue por el portal, sin embargo, estos quedaron incompletos.

2.2.3.3 Caño Canime

La localización de los puntos de monitoreo se muestra en la Figura 6. 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. Para el periodo de análisis NO se actualizan los datos de los expedientes debido a que el expediente LAM1203 se encuentran en tiempos de presentar el ICA 16 y el cargue por el portal quedó incompleto. Para el expediente LAM3831 la información del ICA 15 fue entregada el 31 de marzo con el radicado 20256200360012, por lo tanto, no se tuvo en cuenta para este análisis.

2.2.3.4 Caño Santa Cruz

La localización de los puntos de monitoreo en el análisis se muestra en la Figura 6. 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.

Para el periodo de análisis NO se actualizan los datos de los expedientes debido a que la sociedad del expediente LAM1203 se encuentran en tiempos de presentar el ICA 16 y la información del portal quedó incompleta. Para el expediente LAM3831 la información del ICA 15 fue entregada el 31 de marzo con el radicado 20256200360012, por lo tanto, no se tuvo en cuenta para este análisis.

2.2.3.5 Caño Santiago - Río Sororia

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 6. 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 periodo de análisis se actualiza la información del expediente LAM3831 para el periodo 2023.

A continuación, se presentan los estadísticos por cada parámetro con información disponible y su comparación con los objetivos de calidad establecidos.

Tabla 9. 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	7,930	94,800	67,888	35,951	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	68,000	780,000	374,667	240,239	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	170,000	24196,000	9935,833	11247,573	20000
Conductividad en μ S/cm	30,000	277,000	134,250	120,051	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,170	7,600	3,588	2,676	10
Hierro en mg/L	0,239	0,798	0,412	0,260	5
Oxígeno Disuelto en mg/L	5,340	7,490	6,227	1,123	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	20	136	75,05	63,098	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	12,700	44,000	25,167	16,593	30
Sólidos Totales en mg/L*	36	181	104,75	68,960	ND
Sulfatos en mg/L	2,250	18,500	7,693	9,359	ND
Temperatura en °C	25,700	27,800	26,900	1,082	ND
Turbidez en NTU	2,100	12,000	4,925	4,729	ND
Valor de pH	7,910	8,020	7,973	0,057	6-9

Fuente: ANLA, 2025. *Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros coliformes totales, SST en valores máximos y para DQO para un solo muestreo ya que el resto estuvieron por debajo del límite de detección, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros.

Adicionalmente, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de pH (7,91– 8,02) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el promedio de conductividad (134,25 μ S/cm) indica mineralización débil; el valor máximo de la DBO₅ (7,6 mg/l) cumple el objetivo de calidad establecido (10mg/l); el mínimo de oxígeno disuelto (5,34 mg/l) presenta cumplimiento del objetivo de calidad (>4,5mg/L); el máximo de alcalinidad (94,8 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 presentan un sobre paso al objetivo establecido (30 mg/l) en los valores máximos (44 mg/L) lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado

En cuanto a iones, solo se cuenta con información para sulfatos con un máximo de 18,5 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.

De manera general, se observa una tendencia decreciente en parámetros como Coliformes Fecales, sólidos suspendidos totales y turbidez; por otra parte, se pudo observar incrementos sutiles en las concentraciones de parámetros como: Alcalinidad, Coliformes totales, conductividad, DBO y pH, sin embargo, en la mayoría de los casos estos incrementos no superan el máximo histórico reportado; el resto de los parámetros se mantuvo dentro de las tendencias históricas.

Debido a la reducida cantidad de datos disponibles para esta fuente no se realiza el análisis espacial y temporal.

2.2.3.6 Ciénaga La Panchita

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 9. 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 2024.

Para esta fuente se actualizan los datos del expediente LAM3271 para el año 2024. En cuanto al expediente LAM2622 la Sociedad se encuentra en tiempos de entrega del ICA 17 y no reportaron información nueva de la ciénaga.

Tabla 10. Valores estadísticos Ciénaga La Panchita

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación Estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	82,400	265,940	151,157	67,38116	ND
Carbono Orgánico Total en mg/L*	3,74	10,37	6,678	2,622741	ND
Cloruros en mg/L	0,720	4,950	2,920	2,622741	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	78,000	11000,0	2612,000	1,187939	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	130,000	92000,0	22048,89	1605,132	20000
Conductividad en µS/cm	259,000	1028,00	489,778	40877,84	ND
Demanda bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,740	5,370	4,254	457,4981	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	20,750	20,750	20,750	1,141184	20
Fluoruros en mg/L*	0,1	0,276	0,18175	0,074933	1
Fósforo Total en mg/L	0,113	0,150	0,137	0,074933	ND
Hierro en mg/L	0,288	2,008	0,820	0,000707	5
Nitrógeno Total en mg/L	1,292	3,811	2,397	0,947202	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	1,100	7,840	4,931	0,014142	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	292	588	445	148,2532	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	9,400	124,000	46,190	148,2532	30
Sólidos Totales en mg/L*	380	612	494	116,0517	ND
Sulfatos en mg/L	74,000	194,000	134,718	0,92631	ND
Temperatura en °C	27,900	34,500	30,867	37,09757	ND
Turbidez en NTU	7,190	84,900	32,389	116,0517	ND
Valor de pH	6,910	8,290	7,672	27,36599	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. * Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados hasta (2023).



Se presenta incumplimiento para los parámetros: coliformes, DQO, y Sólidos suspendidos totales. En cuanto a Oxígeno disuelto presentó un valor mínimo de 1,100 mg/L, un máximo de 7,840 mg/L y un promedio de 4,931 mg/L, frente a un objetivo de calidad establecido en 4,5 mg/L. Aunque el promedio general supera el objetivo, lo que sugiere condiciones adecuadas en términos generales, el valor mínimo registrado evidencia episodios de baja oxigenación que pueden afectar negativamente a los ecosistemas acuáticos.

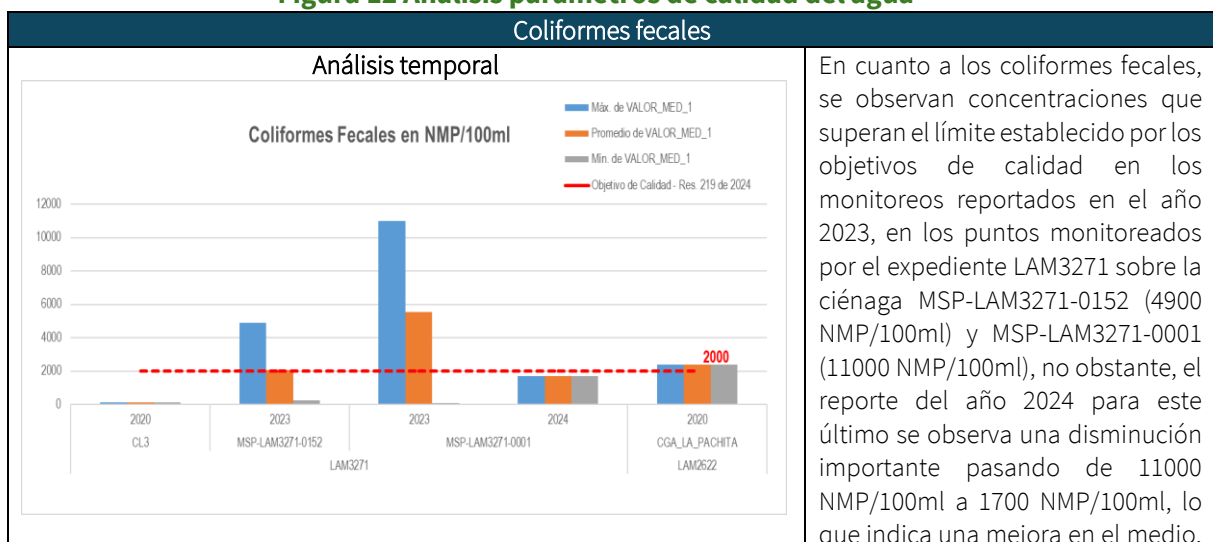
Se destacan valores altos en coliformes totales (>20000 NMP/100 ml), la conductividad promedio (489,7 μ S/cm) indica mineralización importante, el promedio de sulfatos (134,7 mg/l) indica concentración alta (>100 mg/l) según Tarradellas (2006), el promedio de alcalinidad (265,94 mg/l) indica alteración según la clasificación de Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

En cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia con fósforo total promedio de 0,137 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.

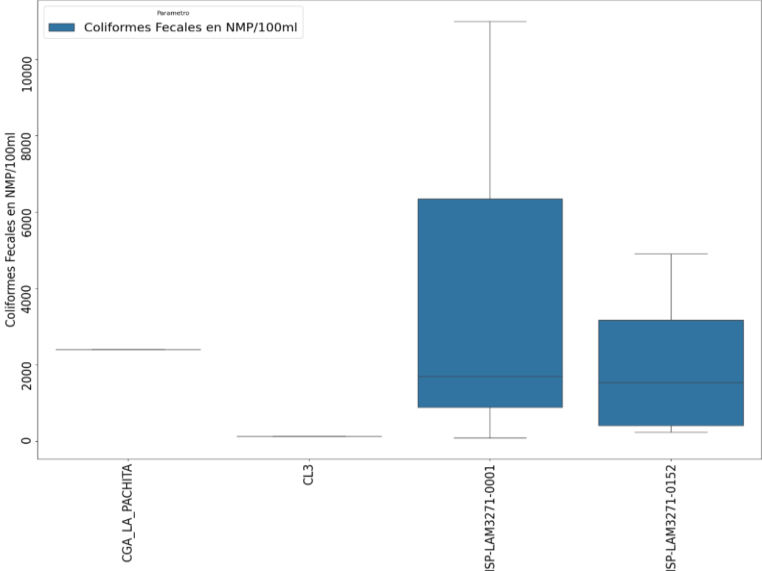
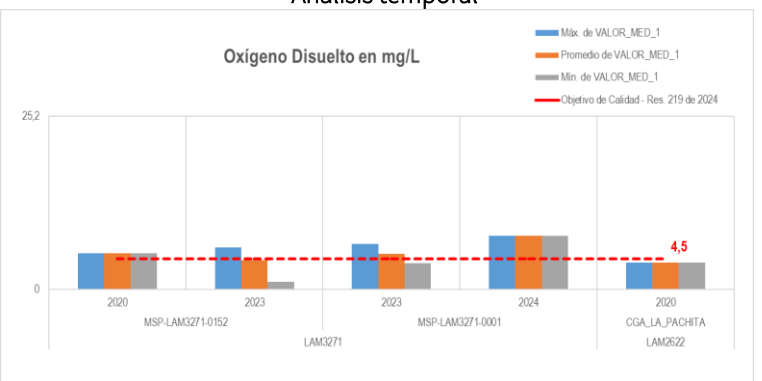
En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos disponibles

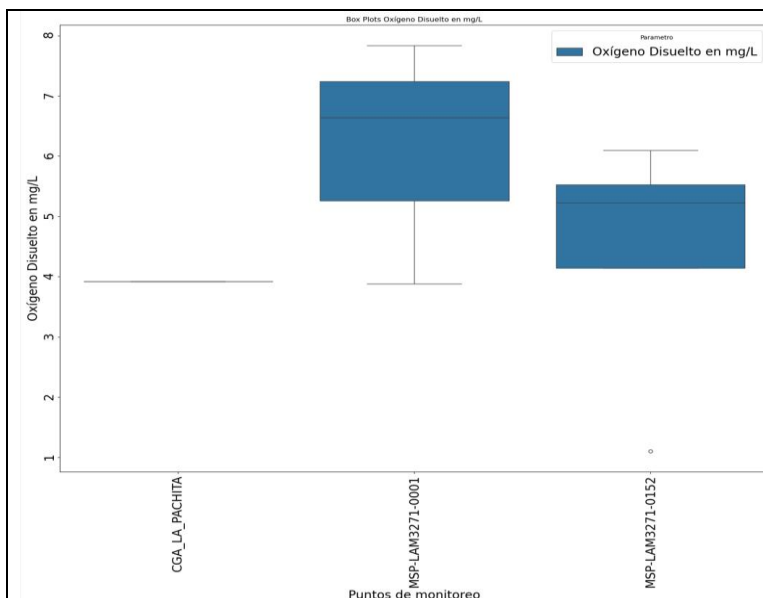
De manera general, se observa una tendencia decreciente en parámetros como Conductividad eléctrica y fósforo total; por otra parte, se pudo observar incrementos en las concentraciones de parámetros como: Coliformes fecales, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, en la mayoría de los casos estos incrementos superan el máximo histórico reportado por lo que se sugiere continuar monitoreando la calidad de esta fuente hídrica (ver Tabla 10); el resto de los parámetros se mantuvo dentro de las tendencias históricas.

Figura 12 Análisis parámetros de calidad del agua



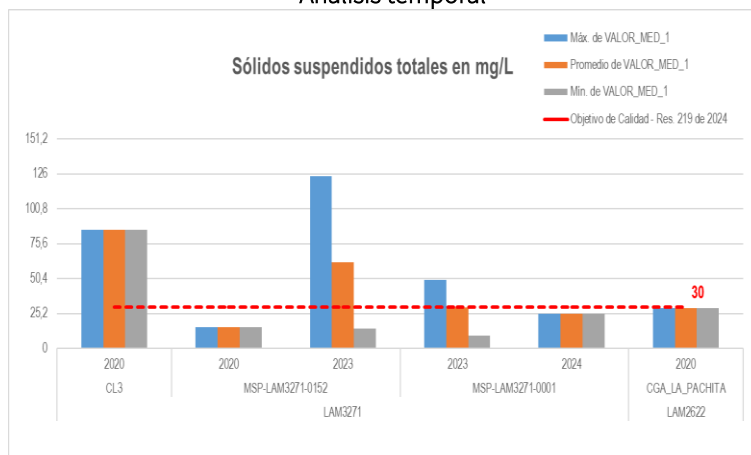


Análisis espacial Box Plots Coliformes Fecales en NMP/100ml  Coliformes Fecales en NMP/100ml Puntos de monitoreo	sin embargo, no es posible establecer una tendencia. En cuanto al análisis espacial, se resalta que el punto MSP-LAM3271-0001, presenta la mayor dispersión. Su mediana está entre 1500 y 2000 NMP/100 ml, pero hay valores que superan los 10.000 NMP/100 ml. Esto sugiere presencia de eventos puntuales de alta contaminación fecal. No obstante, este comportamiento puede estar relacionado con descargas de aguas residuales de origen doméstico, actividades pecuarias o por descomposición de materia orgánica.
Oxígeno Disuelto Análisis temporal Oxígeno Disuelto en mg/L  Máx. de VALOR_MED_1 Promedio de VALOR_MED_1 Mín. de VALOR_MED_1 Objetivo de Calidad - Res. 219 de 2024 25.2 0 2020 MSP-LAM3271-0152 2023 LAM3271 2023 MSP-LAM3271-0001 2024 CGA_LA_PACHITA LAM2622 2020 4,5	Los valores reportados para el determinante de oxígeno disuelto permiten observar que para el punto MSP-LAM3271-0001 y MSP-LAM3271-0152 en el año 2023 los valores mínimos estuvieron por debajo del objetivo de calidad (>4,5 mg/L), sin embargo, en los valores promedio en ambos casos se observa cumplimiento al objetivo, lo que puede indicar eventos puntuales, para el punto MSP-LAM3271-0001, se observa incremento en las concentraciones en el año 2024, lo que sugiere una leve mejoría del medio.
Análisis espacial	Espacialmente todas las estaciones analizadas reportan valores mínimos por debajo del objetivo de calidad en los reportes de los años 2020 y 2023. De manera general en este cuerpo léntico se observan fluctuaciones en el oxígeno disuelto alcanzando concentraciones máximas de 7,84 mg/l. La concentración promedio es de 4,93 mg/l.



Sólidos suspendidos

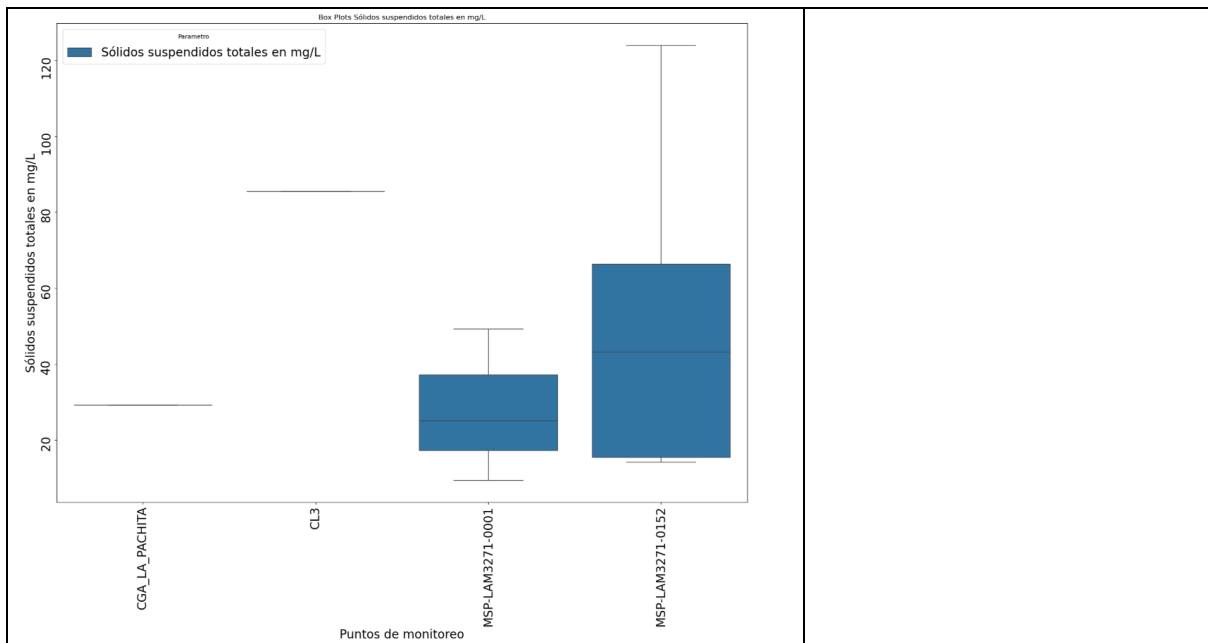
Análisis temporal



En cuanto a sólidos suspendidos totales se observa variación de resultados en el periodo 2020-2024, con registros que fluctúan entre 9,4 y 124 mg/L. El año 2023 presentó las concentraciones más elevadas, especialmente en el punto de monitoreo MSP-LAM3271-0152, superando el límite del objetivo de calidad (30 mg/L)

Análisis espacial

Las estaciones con mayores de concentraciones de SST son las reportadas por el expediente LAM3271 (CL3 y MSP-LAM3271-0152) De manera general se observa que todas las estaciones presentan concentraciones mayores al objetivo de calidad a excepción de MSP-LAM3271-0001 en el año 2024, que registró concentraciones por debajo del límite del objetivo de calidad en sus valores máximos y promedios.



2.2.3.7 Caño Caimancito

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 2024, en la Tabla 11, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del caño Caimancito, en el cual tienen presencia los expedientes LAM2622 y LAM3271.

Para este periodo de análisis, el expediente LAM3271 presenta información correspondiente al año 2023, reportada en el informe de cumplimiento ambiental. Adicionalmente, a través del portal se registra un monitoreo para el año 2024. Por su parte, el expediente LAM2622 reporta información del año 2023.

Tabla 11. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño Caimancito

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO3	6,780	49,800	22,860	23,476	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO3	55,100	287,000	159,453	39,312	ND
Arsénico en mg/L	0,005	0,007	0,006	0,001	0,1
Carbono Orgánico Total en mg/L*	6,900	2,000	65,350	9,060	ND
Caudal (Insitu) L/s*	1299,02	113,000	2951,000	686,070	ND
Cianuro en mg/L	0,012	0,052	0,025	0,023	ND
Cloruros en mg/L	1,520	19,200	4,256	2,992	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	7,800	33000	2675,433	7670,436	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	11,000	130000	12713,389	29739,819	20000
Conductividad en µS/cm	99,300	2860	550,441	572,936	ND



Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,07	544	26,629	2,07	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	27,600	113,000	70,300	60,387	20
Fenoles en mg/L	0,055	0,190	0,102	0,077	ND
Fósforo Total en mg/L	0,091	2,070	0,251	0,271	ND
Fluoruros en mg/L*	0,160	0,100	0,910	0,100	1
Grasas y Aceites en mg/L	0,655	4,430	3,369	1,536	2,0
Hierro en mg/L	0,132	16,982	1,329	2,136	5
Nitratos en mg/L	0,100	2,380	0,512	0,589	15
Nitritos en mg/L	0,006	0,127	0,024	0,028	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	6,590	43,200	43,200	16,140	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L*	7,430	62,500	62,500	16,590	ND
Ortofosfatos en mg/L*	0,150	0,120	0,230	0,040	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	4,270	9,800	6,696	3,451	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	217,130	360,000	360,000	65,610	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	12,000	0,700	2,324	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,600	764,000	60,910	100,298	30
Sulfatos en mg/L	1,030	1414	208,227	382,574	ND
Sulfuros mg/L*	7,350	13,200	13,200	8,270	ND
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0,211	0,255	0,240	0,025	0,5
Temperatura en °C	6,910	34,200	28,728	3,409	ND
Turbidez en NTU	3,840	169,000	33,941	26,463	ND
Valor de pH	6,610	8,700	7,924	0,371	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025 ** Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

Respecto a los resultados actualizados para los años 2023 y 2024, se mantiene el incumplimiento de los objetivos de calidad en los parámetros Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites y Sólidos Suspendidos Totales en relación con los valores promedio.

En el caso de los coliformes fecales, el promedio fue de 2675,43 NMP/100ml, superando nuevamente el objetivo de 2000 NMP/100ml, y aunque presenta una ligera mejora respecto al año anterior, no alcanza niveles aceptables. En los coliformes totales se observó un promedio de 12713,39 NMP/100ml, valor muy superior al objetivo de 20000 NMP/100ml, manteniéndose como un punto crítico. En la DBO, el promedio fue de 26,63 mg/L, superando con amplitud el objetivo de 10 mg/L, mientras que la DQO alcanzó un promedio de 70,3 mg/L, más del triple del límite establecido (20 mg/L). En el caso de grasas y aceites, el valor promedio fue de 3,37 mg/L, sobrepasando el límite de 2 mg/L, aunque con valores similares al periodo anterior.

En cuanto a los valores mínimos y máximos, se observan incumplimientos para coliformes totales, hierro y oxígeno disuelto. El hierro presentó un valor máximo de 16,98 mg/L, muy por

encima del objetivo de 5 mg/L, aunque el promedio general bajó a 1,33 mg/L, en comparación con el valor previo de 1,99 mg/L. El oxígeno disuelto presentó un valor mínimo de 4,27 mg/L, inferior al objetivo de 4,5 mg/L, se observa que promedio disminuyó a 6,696 mg/L, frente al valor anterior (6,77 mg/L), lo que indica persistencia de déficit de oxigenación en el cuerpo de agua.

La conductividad eléctrica alcanzó un promedio de 550,44 $\mu\text{S}/\text{cm}$, manteniéndose por encima del umbral de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ señalado por Tarradellas (2006) para aguas de alta mineralización. De manera similar, los sulfatos presentaron un promedio de 208,23 mg/L, manteniéndose dentro del rango alto según la misma clasificación. En ambos casos, se mantienen condiciones estables en relación con el año anterior, sin reducciones significativas.

En cuanto a metales y metaloides, los valores reportados se encuentran por debajo de los límites de detección, sin evidencia de incumplimientos. El arsénico tuvo un promedio de 0,006 mg/L, dentro del límite de 0,1 mg/L, y no se reportan concentraciones críticas. El cianuro presentó un promedio de 0,025 mg/L, sin un objetivo de calidad definido. Los valores de fenoles también fueron bajos, con un promedio de 0,102 mg/L, similares al periodo anterior.

El pH se mantuvo estable, con un rango de 6,61 a 8,7, dentro del objetivo de calidad establecido (6–9), y con un promedio de 7,92. En cuanto a la acidez, se registró un promedio de 22,86 mg/L, mientras que la alcalinidad alcanzó los 159,45 mg/L, lo que se considera dentro de niveles aceptables sin indicios de afectación según los rangos de Roldán y Ramírez (2008).

En general, los compuestos orgánicos como grasas, aceites y fenoles no mostraron incrementos significativos respecto al año anterior, aunque persisten por encima de los límites establecidos en algunos casos. Por su parte, los parámetros relacionados con compuestos de fósforo, como el fósforo total (promedio de 0,251 mg/L) y ortofosfatos (0,230 mg/L), mantienen condiciones favorables para la eutrofización, con valores muy por encima de los umbrales considerados por Roldán y Ramírez (2008) y USEPA (1987).

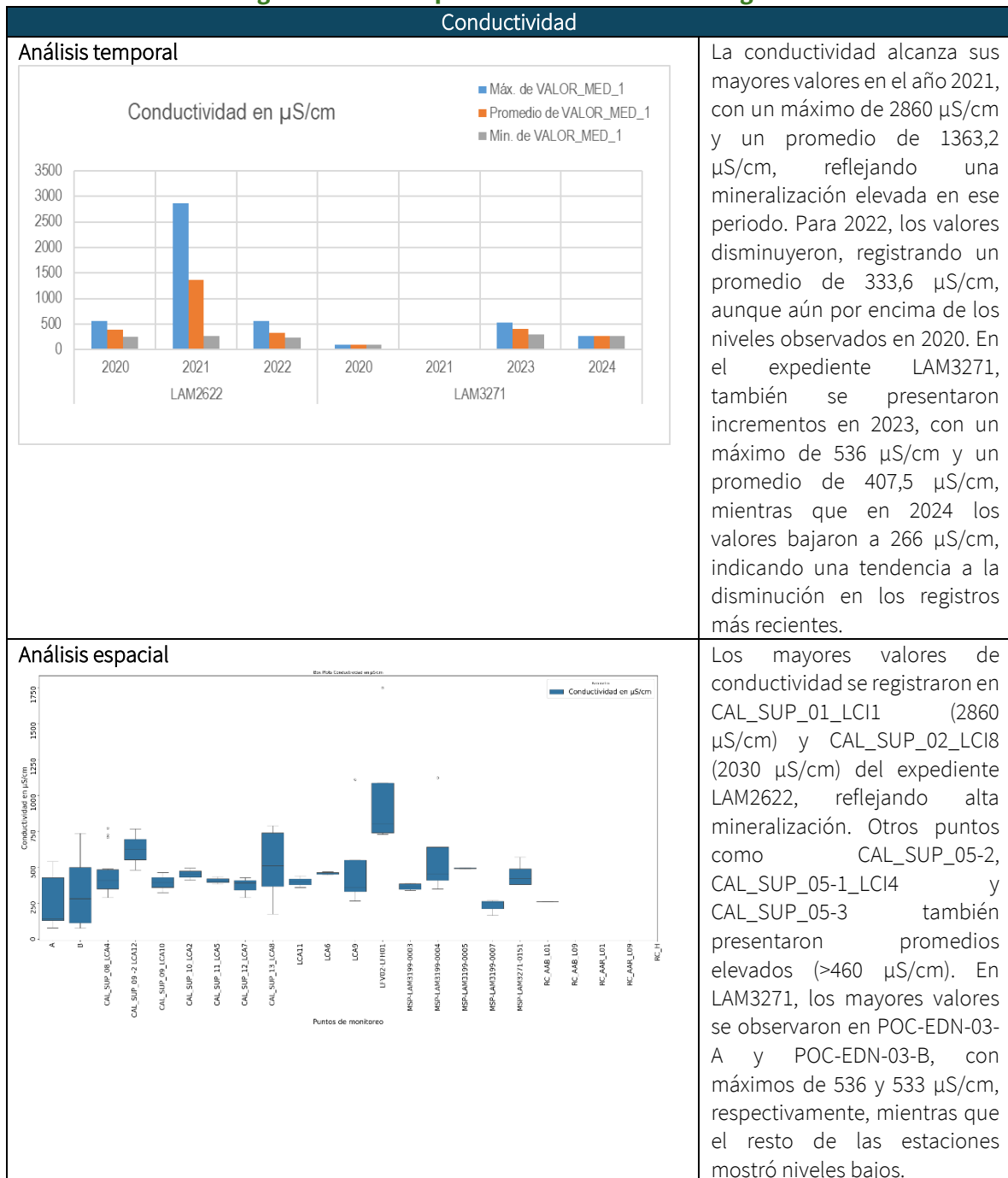
El comportamiento de otros iones también se mantiene dentro de los límites. Los fluoruros presentaron un promedio de 0,16 mg/L, cumpliendo el objetivo de calidad de 1 mg/L. Los cloruros se mantuvieron bajos, con un promedio de 4,26 mg/L. En cuanto a los sólidos, los sólidos totales reportaron valores estables, con una ligera disminución respecto al análisis anterior. Para los sólidos suspendidos totales, se registró un promedio de 60,91 mg/L, por encima del límite de 30 mg/L, aunque se redujo frente al año pasado (96,97 mg/L), lo que indica una ligera disminución, pero aún sin alcanzar el cumplimiento.



Finalmente, es preciso resaltar que no se reportó por parte de los titulares de las licencias información de los monitoreos realizados a parámetros como: Carbono orgánico, fenoles, nitrógeno amoniacal, ortofosfatos, sólidos disueltos, sólidos totales ni sulfuros.

A continuación, se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros que presentaron incumplimiento en los objetivos de calidad, como se muestra a continuación:

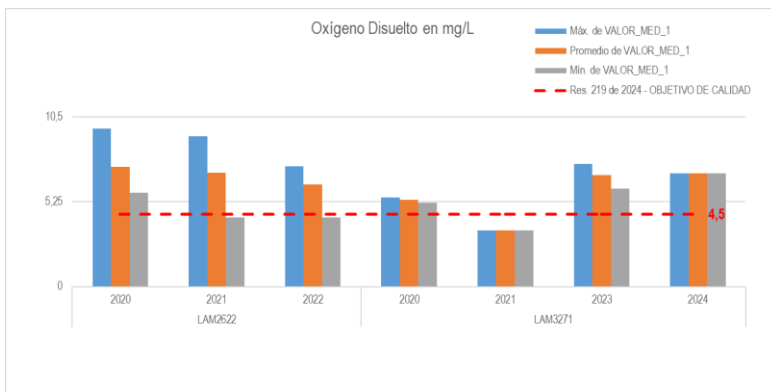
Figura 13 Análisis parámetros de calidad del agua





Oxígeno disuelto

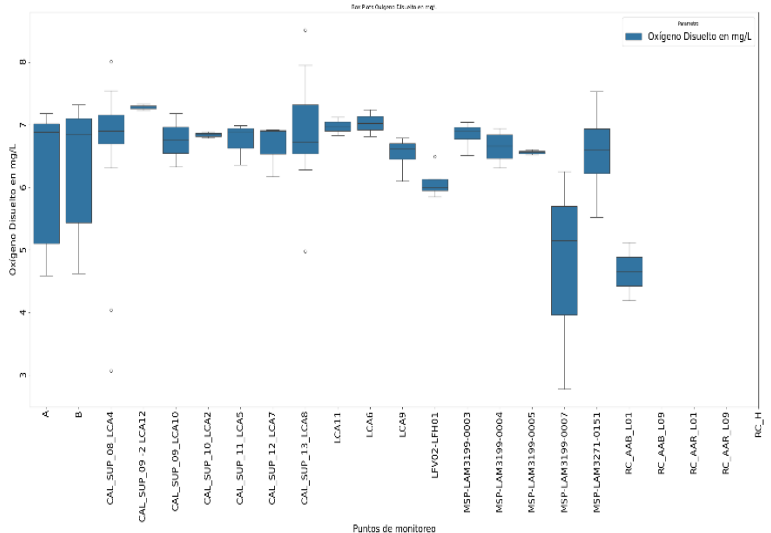
Análisis temporal



Para el expediente LAM3271, Durante 2023 se obtuvo un valor promedio de 6,90 mg/L, y en 2024 se registró un promedio de 7,03 mg/L, ambos valores por encima del objetivo de calidad de 4,5 mg/L, indicando una mejora en la oxigenación del agua respecto a 2020.

Para el expediente LAM2622, que contaba con información entre 2020 y 2022, se mantiene la observación de un valor mínimo de 4,27 mg/L en 2022, ligeramente por debajo del objetivo de calidad. El promedio general para este expediente se situó en 6,66 mg/L, con registros de 7,41 mg/L en 2020 y 6,32 mg/L en 2022, reflejando condiciones aceptables de oxígeno disuelto en la mayoría de los datos.

Análisis espacial



Se mantienen incumplimientos del objetivo de calidad (4,5 mg/L) en varias estaciones del expediente LAM2622, con mínimos críticos como 0,08 mg/L en CAL_SUP_02_LCI8, aguas abajo del vertimiento 4, y 4,27 mg/L en CAL_SUP_01_LCI1, ubicado aguas arriba sin presencia de vertimientos. También se reportan valores por debajo del límite en MSP-LAM3271-0007 (expediente LAM3271), evidenciando afectación local.

En los puntos cercanos al vertimiento 1 (ARND), tanto aguas arriba (CAL_50MTRS_ARB_V1, 5,33 mg/L) como aguas abajo (CAL_50MTRS_ABJ_V1, 5,31 mg/L), los niveles se mantienen cerca del objetivo. En contraste, estaciones como CAL_SUP_05-



2, CAL_SUP_05-1_LCI4 y CAL_SUP_05-3 mostraron buenos niveles de oxígeno disuelto, con mínimos superiores a 7 mg/L.

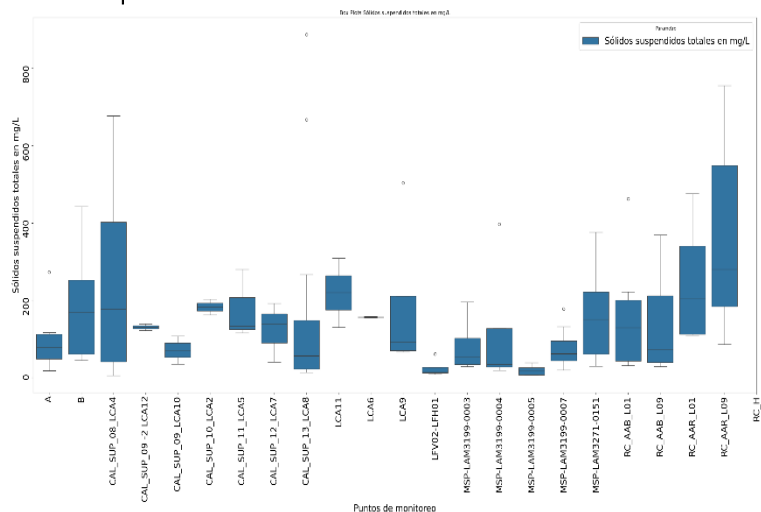
Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal



Se observó que las concentraciones más elevadas de sólidos suspendidos totales se registraron en el expediente LAM2622, particularmente en el año 2021, donde se alcanzó un valor máximo de 764 mg/L. Este resultado destaca frente a los demás periodos evaluados, en los cuales las concentraciones fueron menores, con máximos de 194 mg/L en 2020 y 222 mg/L en 2022. El expediente LAM3271 mostró concentraciones significativamente más bajas, con un máximo de 14,5 mg/L en 2020, y un incremento a 58,7 mg/L en 2023, seguido de una disminución en 2024 con un máximo de 6,85 mg/L.

Análisis espacial



Los sólidos suspendidos totales presentaron variaciones en el periodo de evaluación, con concentraciones entre 5,6 mg/L y 764 mg/L. El valor más alto se registró en el punto CAL_SUP_02_LCI8 del expediente LAM2622, seguido por CAL_SUP_01_LCI1 con un máximo de 266 mg/L, ambos asociados a zonas de aporte de vertimientos y corrientes naturales, lo cual puede explicar los niveles elevados observados. También se destacaron los puntos CAL_SUP_06-2_LCI6 y CAL_SUP_06-3_LCI7, con máximos de 106 mg/L, reflejando condiciones de alta carga de sólidos. Estos resultados superan el objetivo

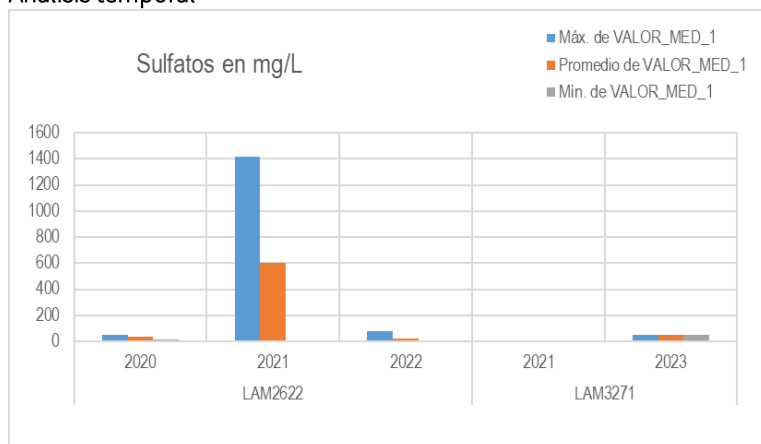


de calidad establecido de 30 mg/L.

En contraste, otros puntos de monitoreo, como POCEDN03A y POCEDN03B del expediente LAM3271, mostraron concentraciones significativamente más bajas, en varios casos cercanas o por debajo del límite admisible.

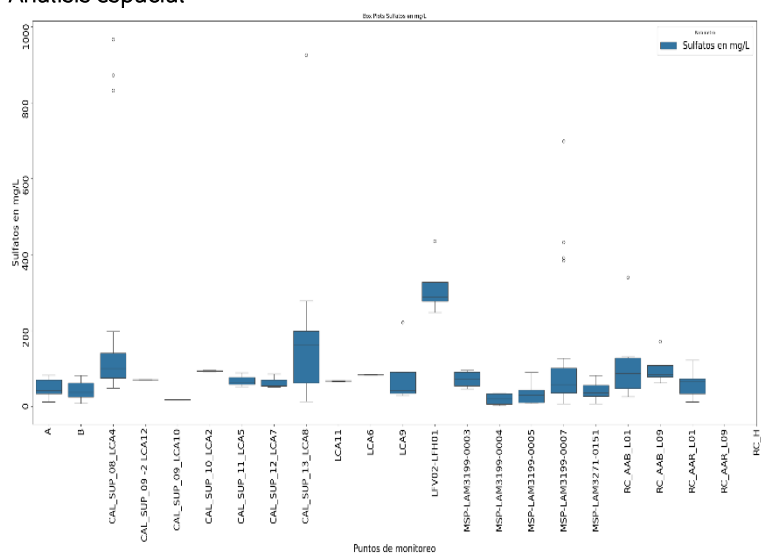
Sulfatos

Análisis temporal



En el análisis de sulfatos, el expediente LAM2622 presentó los valores más altos en 2021, con un máximo de 1414 mg/L y un promedio de 605,67 mg/L, indicando un aumento importante respecto a 2020. Para 2022, las concentraciones disminuyeron considerablemente, con un promedio de 19,69 mg/L. El expediente LAM3271 mostró niveles estables y bajos, registrando en 2023 un máximo de 48,3 mg/L y un promedio de 19,25 mg/L, valores que se mantuvieron constantes sin variaciones significativas. En general, se evidencia un pico marcado en 2021, seguido de una tendencia a la disminución en los años posteriores.

Análisis espacial



En el análisis espacial de sulfatos, los valores más altos se presentaron en el expediente LAM2622, particularmente en el punto CAL_SUP_01_LCI1, con un máximo de 1414 mg/L y un promedio de 415,39 mg/L, indicando una alta mineralización aguas arriba. También se registraron concentraciones elevadas en CAL_SUP_02_LCI8, con un máximo de 905 mg/L y un promedio de 351,38 mg/L, en un tramo influenciado por vertimientos.

Otros puntos dentro de LAM2622, como CAL_SUP_05-

	2, CAL_SUP_05-1_LCI4, CAL_SUP_05-3 y CAL_SUP_06-2_LCI6, mostraron concentraciones moderadas, con máximos entre 26,4 mg/L y 45,9 mg/L. En contraste, en el expediente LAM3271, los puntos POC-EDN-03-A y POC-EDN-03-B reportaron niveles más bajos y estables, con máximos cercanos a 48,3 mg/L, reflejando una menor presencia de sales disueltas en comparación con LAM2622.
--	---

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.8 Arroyo Paraluz

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 2024, en la Tabla 12, 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.

Para el periodo de análisis se resalta que los expedientes VAR0032, LAM3271, LAM3199, LAM2622, LAM1862 y LAM0027, presentaron actualización en sus monitoreos para el periodo de 2024.

Tabla 12. Valores estadísticos de la serie de datos analizada arroyo Paraluz

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	10,400	1683,00	139,271	340,384	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	4,440	212,850	68,953	42,987	ND
Carbono Orgánico Total en mg/L*	4,89	10,54	7,66	2,53	ND
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
Cianuro en mg/L	0,710	0,710	0,710		ND
Cloruros en mg/L	2,700	552,000	23,176	76,903	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	15,000	17000,000	2747,48	4454,258	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	10,000	92000,000	9258,07	19522,820	20000
Conductividad en µS/cm	0,257	1945,00	513,903	555,130	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	0,041	57,700	8,249	8,181	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	1,824	139,730	37,632	23,118	20
Fluoruros en mg/L	0,19	0,06	0,38	0,11	1



Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Fósforo Total en mg/L	0,030	1,720	0,258	0,311	ND
Grasas y Aceites en mg/L	1,500	7,000	4,250	3,889	2,0
Hierro en mg/L	0,040	22,699	1,940	2,641	5
Nitratos en mg/L	0,070	8,090	1,540	1,858	15
Nitritos en mg/L	0,005	2,610	0,118	0,394	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	1,64	0,20	4,86	1,06	ND
Nitrógeno Total en mg/L	1,000	11,040	3,754	2,178	ND
Ortofosfatos en mg/L*	0,12	0,02	0,93	0,19	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	2,680	8,300	5,180	1,306	4,5
Plomo en mg/L	0,001	0,036	0,0185	0,0247	5
Sólidos Disueltos en mg/L*	234,18	1,10	606,00	180,13	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	0,300	0,175	0,068	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,000	191,00	43,38	188,324	30
Sólidos Totales en mg/L*	281,36	14,41	638,00	187,40	ND
Sulfatos en mg/L	1,380	622,000	101,202	120,925	ND
Sulfuros mg/L*	11,82	0,02	28,34	12,29	ND
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0,018	32,600	2,744	8,810	0,5
Temperatura en °C	3,540	76,120	29,954	5,321	ND
Turbidez en NTU	6,300	200,000	50,505	41,816	ND
Valor de pH	5,780	8,670	7,111	0,500	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. *Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

De acuerdo con los resultados más recientes, se mantiene el incumplimiento en los objetivos de calidad para los parámetros Coliformes Fecales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Grasas y Aceites, y Sólidos Suspendidos Totales, cuando se evalúan los valores promedio.

En cuanto a la DBO, el promedio actual es de 8,249 mg/L, cumpliendo con el objetivo de calidad de 10 mg/L, mostrando una ligera disminución respecto al promedio anterior de 8,22 mg/L, aunque el valor máximo registrado de 57,7 mg/L sigue indicando episodios de altas cargas orgánicas. La DQO presentó un promedio de 37,632 mg/L, similar al del análisis previo (37,89 mg/L), pero se mantiene el incumplimiento frente al objetivo de calidad de 20 mg/L.

Respecto a las Grasas y Aceites, se evidencia un promedio de 4,250 mg/L, duplicando el objetivo de 2,0 mg/L, sin cambios respecto al promedio anterior de 4,25 mg/L, lo cual indica persistencia en la presencia de contaminantes de origen orgánico. Para los Sólidos Suspendidos Totales, el promedio actual es de 456,21 mg/L, aumentando respecto al valor anterior de 44,79 mg/L, mostrando una tendencia desfavorable que podría estar asociada a mayores cargas de sedimentos o aportes de fuentes externas.

La conductividad aumentó respecto al periodo anterior, pasando de un promedio de 285,84 $\mu\text{S/cm}$ a 513,903 $\mu\text{S/cm}$, lo que refleja un incremento en la concentración de sales disueltas, ubicándose ahora más consistentemente en el rango alto de la clasificación de Tarradellas (2006). Así mismo, los sulfatos mostraron un aumento, pasando de un promedio de 82,85 mg/L a 101,202 mg/L, lo cual confirma esta tendencia de mayor mineralización en el agua.

En cuanto a los parámetros relacionados con compuestos de fósforo, el fósforo total mantuvo un promedio similar (0,258 mg/L actual frente a 0,26 mg/L anterior), manteniéndose por encima del umbral de referencia de 0,02 mg/L, indicando que las condiciones de eutrofización persisten. Para el nitrógeno, el nitrato presenta un promedio de 1,540 mg/L frente al valor anterior de 1,47 mg/L, lo cual muestra un leve aumento, pero sin incumplir el objetivo de 15 mg/L. Sin embargo, el nitrito, con un promedio de 0,118 mg/L, supera el objetivo de 0,1 mg/L, respecto al promedio anterior de 0,04 mg/L, lo que sugiere un deterioro en este indicador de calidad.

Respecto a los metales, el Arsénico mantiene niveles bajos, con un promedio de 0,001 mg/L, en cumplimiento frente al objetivo de 0,1 mg/L. El Hierro presenta un promedio de 1,940 mg/L, aunque sigue cumpliendo el objetivo de calidad de 5 mg/L en promedio, se presentan valores máximos puntuales de hasta 22,699 mg/L que lo superan. El Cadmio reporta una concentración fija de 0,016 mg/L, lo que excede el límite de calidad de 0,01 mg/L, similar a lo observado anteriormente.

El cianuro presentó un único valor de 0,71 mg/l en el punto MSP-LAM1862-0008 del expediente LAM1862 el cual se encuentra localizado aguas arriba del vertimiento denominado Punto 3 - H3 y de la zona minera.

En cuanto a otros compuestos como fenoles, fluoruros y plomo, los resultados actuales muestran cumplimiento de los objetivos de calidad, siendo sus promedios de 0,016 mg/L, 0,19 mg/L y 0,0185 mg/L respectivamente, sin cambios importantes frente al reporte anterior.

Respecto a los sólidos, los Sólidos Disueltos se mantienen estables, con un promedio de 234,18 mg/L, mientras que los Sólidos Totales también permanecen constantes en torno a 281,36 mg/L. No obstante, como se mencionó, los Sólidos Suspendidos Totales sí mostraron un aumento significativo, indicando una tendencia negativa que puede afectar la calidad física del agua.

La turbidez promedio actual es de 50,505 NTU, muy similar al valor anterior de 51,43 NTU, sin mostrar cambios relevantes. El pH permanece dentro del rango óptimo de 6-9, con un promedio actual de 7,111, en comparación con el valor anterior de 7,06, sin indicios de acidificación o alcalinización anómala.

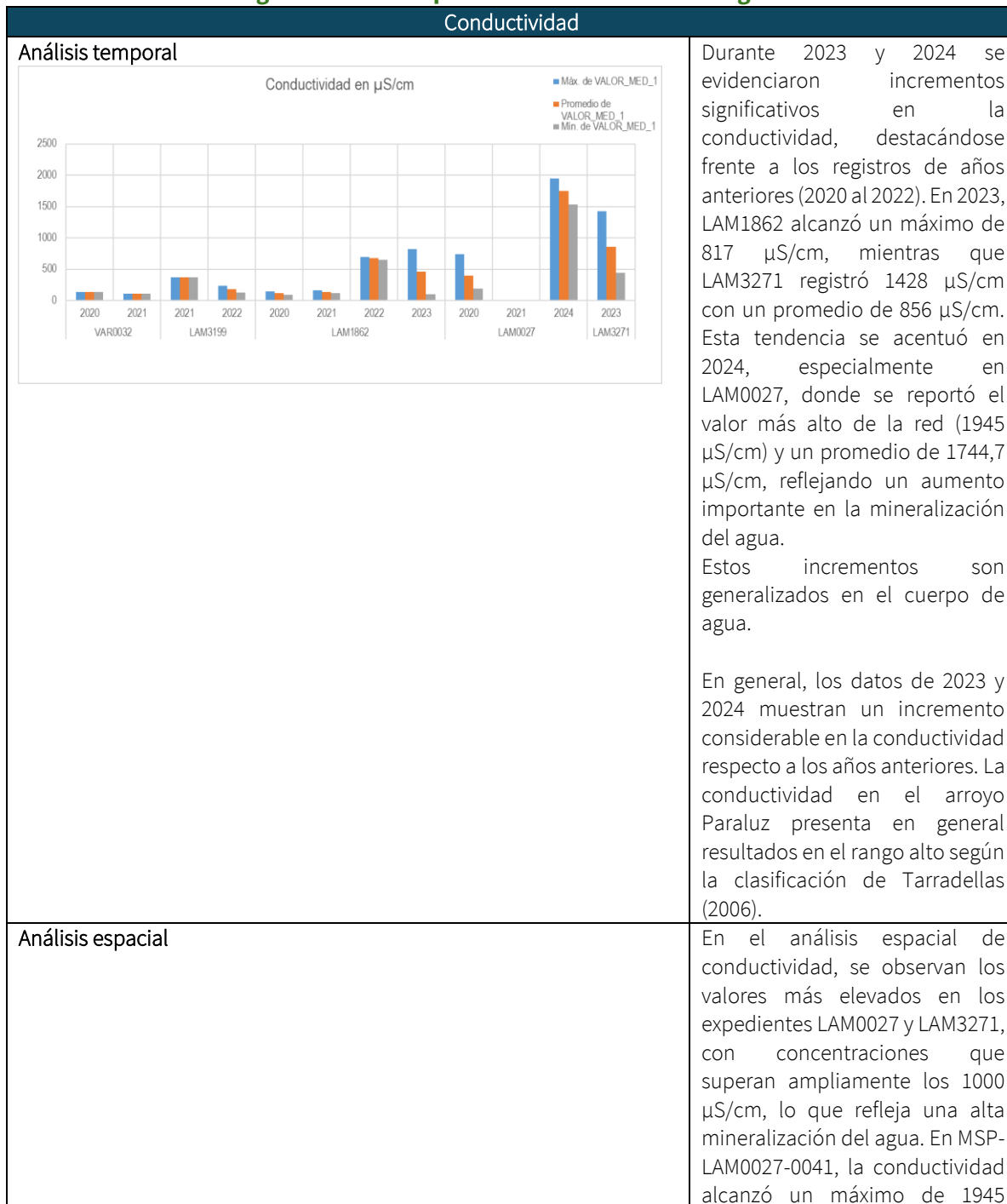
Finalmente, en cuanto a los parámetros microbiológicos, aunque los Coliformes Totales se redujeron considerablemente en promedio (de 6253,05 NMP/100ml a 9258,07 NMP/100ml),

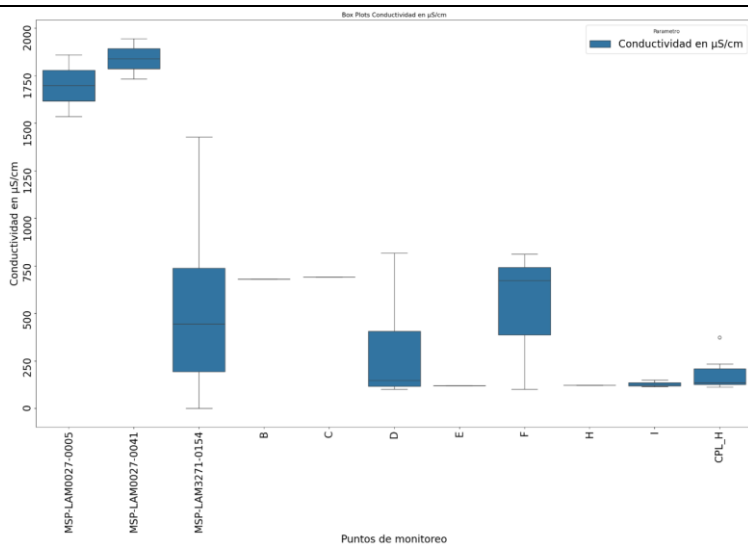


los Coliformes Fecales presentaron un aumento en promedio (de 1333,06 NMP/100ml a 2747,48 NMP/100ml).

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

Figura 14 Análisis parámetros de calidad del agua

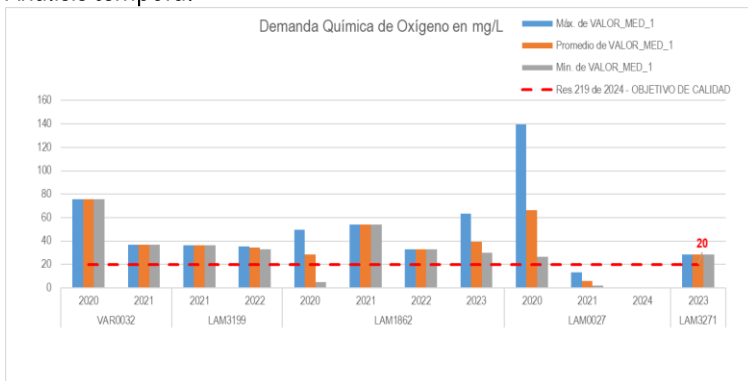




$\mu\text{S/cm}$, siendo este el punto con la concentración más alta registrada, y está ubicado aguas abajo del vertimiento de la vía nueva, lo cual sugiere una posible influencia directa de esta descarga en el incremento de sales disueltas. Asimismo, en LAM3271, el punto MSP-LAM3271-0154 reportó un valor máximo de 1428 $\mu\text{S/cm}$ y un promedio de 856 $\mu\text{S/cm}$, lo que podría asociarse al aporte acumulado de vertimientos o cargas difusas a lo largo del tramo, indicando un deterioro progresivo de la calidad del agua. Comparado con los valores registrados en LAM1862, donde se evidencian aumentos en puntos como D (817 $\mu\text{S/cm}$), se observa una tendencia creciente en las concentraciones de conductividad a medida que se avanza aguas abajo, especialmente en sectores posteriores a los vertimientos.

DQO

Análisis temporal

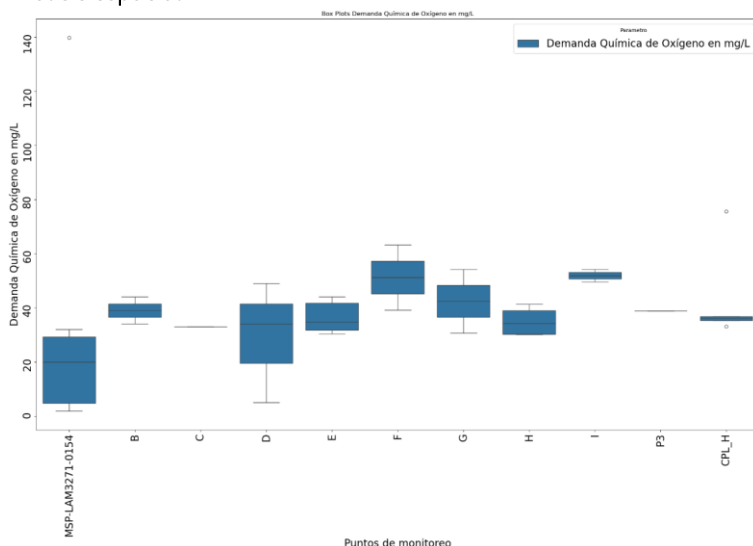


En el análisis de la DQO, los valores más elevados se registraron en LAM0027, con un máximo de 139.7 mg/L en 2020 y un promedio de 66.1 mg/L . En VAR0032 se observó un máximo de 75.5 mg/L en 2020, mientras que LAM1862 presentó un máximo de 63.18 mg/L en 2023. En cuanto a LAM3199, se registraron máximos de 36.17 mg/L y promedios cercanos a 35 mg/L . Finalmente, LAM3271 mantuvo concentraciones bajas, con valores constantes de 28.3 mg/L .

Para el año 2024 del expediente LAM0027 se presentaron valores menores al límite de detección por ende se observa una reducción considerable del parámetro.



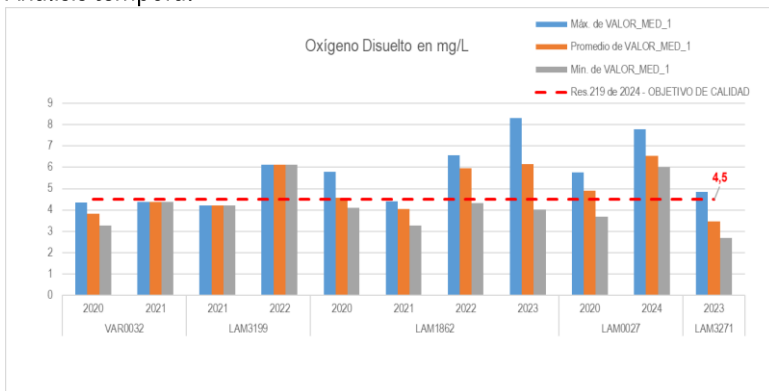
Análisis espacial



Espacialmente se observó que los valores más altos se registraron en el punto MSP-LAM3271-0154 con un valor máximo de 139.73 mg/L, muy por encima del objetivo de calidad de 20 mg/L, sin embargo, fue un único valor y luego el cuerpo de agua regresa a sus condiciones basales. El punto F también presentó concentraciones elevadas, alcanzando un promedio de 51.18 mg/L y un valor máximo de 63.18 mg/L. Otros puntos como I y CPL_H evidenciaron promedios altos de 51.87 mg/L y 56.15 mg/L respectivamente. En contraste, puntos como P3, H y G mostraron valores moderados, aunque superando también en ocasiones el objetivo de calidad ambiental. Por su parte, el punto E reflejó una alta dispersión, con valores que oscilaron entre 5 y 44 mg/L. En general, varios puntos de monitoreo superaron el límite de 20 mg/L establecido. El promedio general de tramo es 37.632 mg/L. Todos los puntos de monitoreo se encuentran aguas abajo de los puntos de vertimiento.

Oxígeno disuelto

Análisis temporal

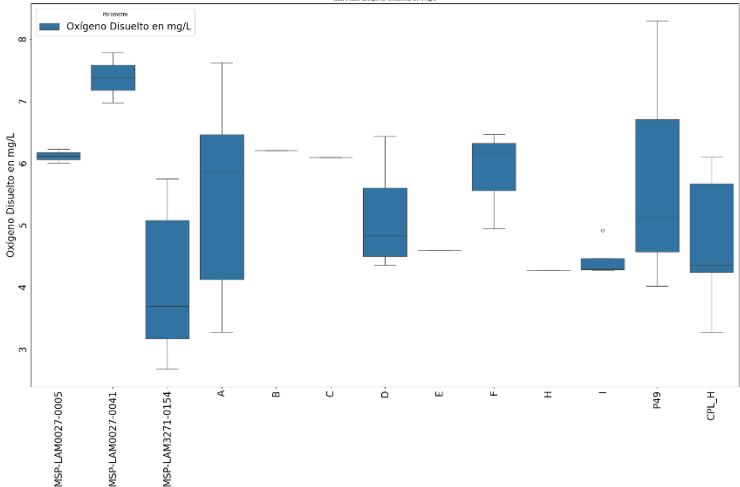


Respecto al oxígeno disuelto se presentan concentraciones menores a 6 mg/l para todos los años analizados y en los puntos de muestreo de los expedientes LAM1862, LAM0027, LAM3199 y VAR0032.

Para el año 2024 en el expediente LAM0027, se registró una mejora, alcanzando un valor máximo de 7,79 mg/L y un promedio de 6,54 mg/L, cumpliendo ampliamente con el objetivo.

Por el contrario, en el expediente LAM3271, el oxígeno disuelto presentó un promedio de 3,47 mg/L, con un valor mínimo de

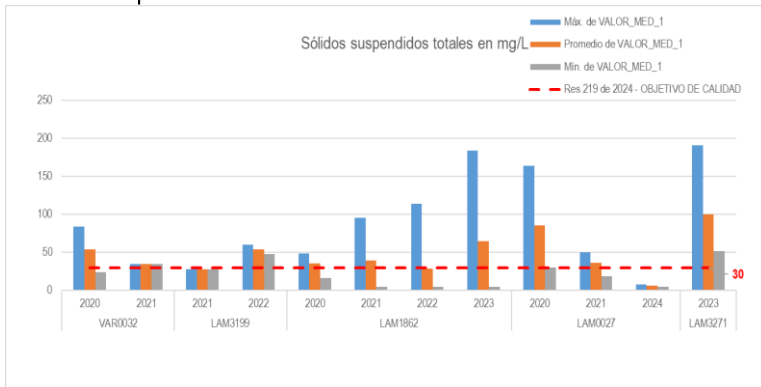


	2,68 mg/L, por debajo del umbral establecido, indicando condiciones de baja oxigenación. Sobre el oxígeno disuelto, el promedio actual de 5,180 mg/L muestra una ligera disminución en comparación con el promedio anterior de 5,19 mg/L, manteniéndose muy cercano al umbral de 4,5 mg/L establecido como objetivo mínimo de calidad. Sin embargo, el valor mínimo reportado de 2,680 mg/L evidencia que en algunos puntos persisten condiciones críticas para la vida acuática.
Análisis espacial  C	Aunque el valor promedio general (5,08 mg/L) supera el objetivo de calidad (4,5 mg/L), se identifican zonas críticas, especialmente en LAM3271 y VAR0032, donde los promedios (3,47 mg/L y 4,00 mg/L respectivamente) y los valores mínimos (hasta 2,68 mg/L) están por debajo del umbral, lo que sugiere condiciones de baja oxigenación que podrían afectar negativamente la biota acuática. En contraste, puntos como MSP-LAM0027-0041 y MSP-LAM0027-0005 registran los promedios más altos (7,39 mg/L y 6,12 mg/L), indicando una mejor oxigenación posiblemente asociada a mayor recambio de agua o menor presión antrópica. También se observan sitios con alta variabilidad como LAM1862 y P49, que alcanzan máximos superiores a 8 mg/L pero con mínimos por debajo del objetivo, reflejando fluctuaciones puntuales en las condiciones del agua. En contraste, puntos como LAM3199 y la mayoría de las estaciones de LAM1862 y LAM0027 mantuvieron niveles adecuados, aunque algunos sitios específicos, como E y H en LAM1862, se acercaron al límite.



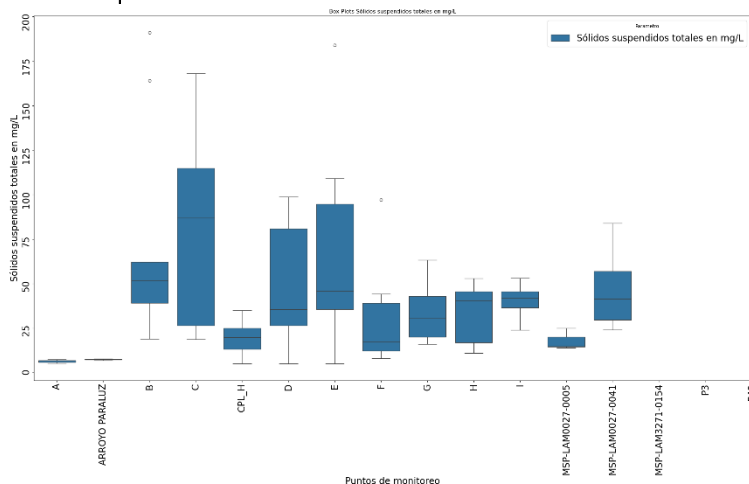
Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal



Durante el periodo evaluado, los sólidos suspendidos totales mostraron una amplia variabilidad, con concentraciones entre 5 y 191 mg/L. El valor más alto se registró en el expediente LAM3271 durante 2023, alcanzando 191 mg/L, seguido de mediciones elevadas en el expediente LAM1862, donde en 2023 se reportó un máximo de 184 mg/L. Asimismo, se han presentado concentraciones significativas en los expedientes VAR0032 y LAM3199, principalmente en los años 2020 y 2022, superando en varios casos el objetivo de calidad de 30 mg/L. Para el 2024 los SST en sus concentraciones presentan decrecimiento en sus concentraciones alcanzando valores por debajo de 10mg/L, en el expediente LAM0027.

Análisis espacial

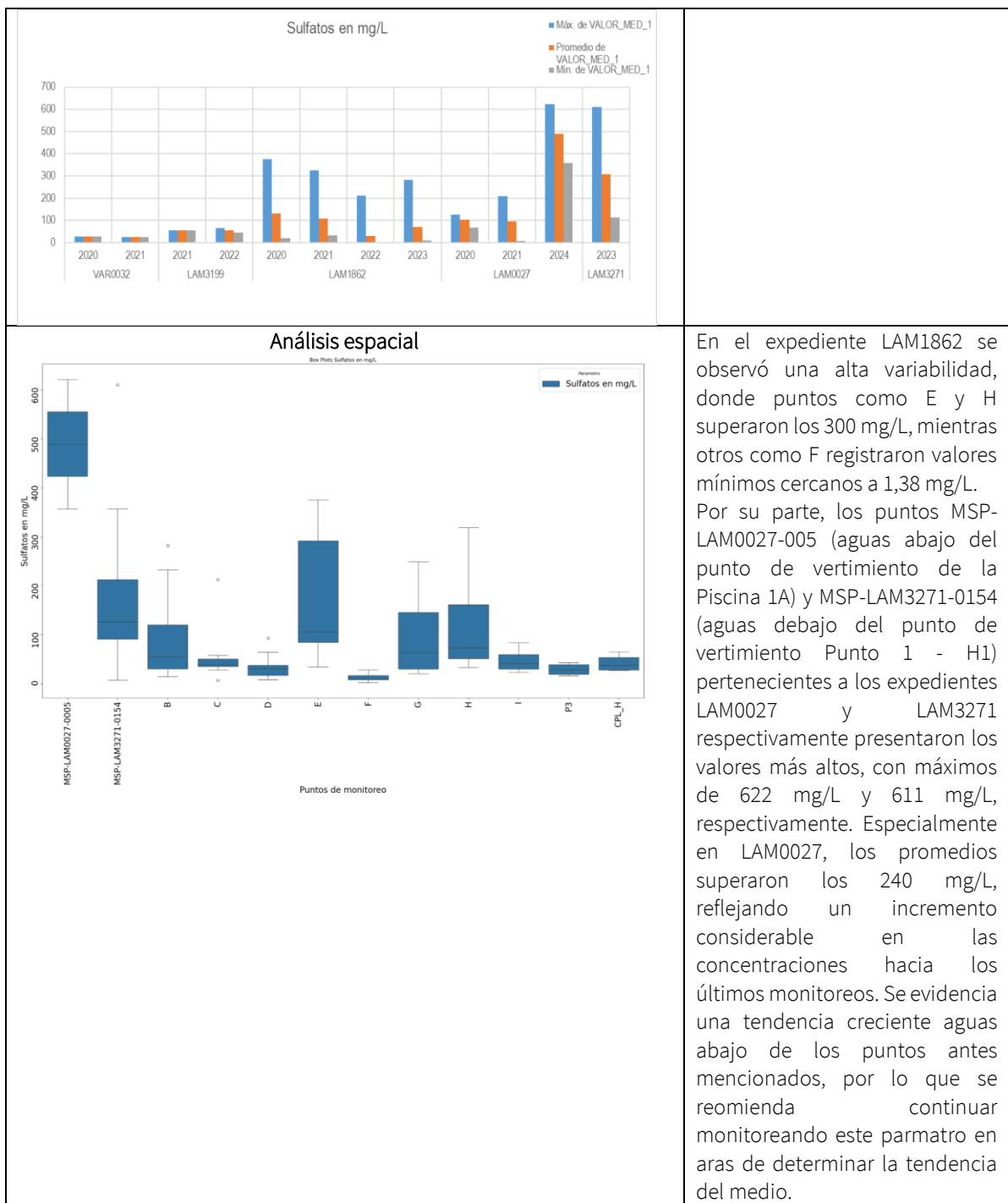


Los valores más elevados se registraron en MSP-LAM3271-0154, con concentraciones de hasta 1860 mg/L, seguido por el punto B del expediente LAM1862 con un valor máximo de 168 mg/L, y el punto E del mismo expediente con 184 mg/L. También se observaron valores altos en el punto D (98.7 mg/L) y F (97 mg/L) del expediente LAM1862.

Sulfatos

Análisis temporal

los expedientes LAM0027 y LAM3271 presentaron los mayores incrementos, alcanzando máximos de 622 mg/L en 2024 y 611 mg/L en 2023, respectivamente, reflejando un aumento significativo en las concentraciones en los últimos años. Para el LAM1862 xxx



En el expediente LAM1862 se observó una alta variabilidad, donde puntos como E y H superaron los 300 mg/L, mientras otros como F registraron valores mínimos cercanos a 1,38 mg/L. Por su parte, los puntos MSP-LAM0027-005 (aguas abajo del punto de vertimiento de la Piscina 1A) y MSP-LAM3271-0154 (aguas debajo del punto de vertimiento Punto 1 - H1) pertenecientes a los expedientes LAM0027 y LAM3271 respectivamente presentaron los valores más altos, con máximos de 622 mg/L y 611 mg/L, respectivamente. Especialmente en LAM0027, los promedios superaron los 240 mg/L, reflejando un incremento considerable en las concentraciones hacia los últimos monitoreos. Se evidencia una tendencia creciente aguas abajo de los puntos antes mencionados, por lo que se recomienda continuar monitoreando este parámetro en aras de determinar la tendencia del medio.

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.9 Arroyo Garrapata

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 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.

Para el periodo de análisis se actualiza la información del expediente LAM0027 para los monitoreos del 2024. El expediente LAM1862 no entregó información actualizada de esta fuente para el presente periodo de análisis.

Tabla 13. Valores estadísticos de la serie de datos analizada arroyo Garrapata

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	9,810	10,9	10,35	808,913	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	5,200	294,890	145,158	100,313	ND
Cloruros en mg/L	1,270	178,000	39,285	64,456	ND
Conductividad en µS/cm	0,240	2780,00	1200,5	1041,812	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	0,253	23,700	6,260	8,002	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	1,400	115,810	31,858	47,826	20
Grasas y Aceites en mg/L	0,180	0,200	0,190	0,014	2,0
Hierro en mg/L	0,075	7,270	1,767	2,142	5
Nitratos en mg/L	0,120	30,600	6,662	8,476	15
Nitritos en mg/L	0,012	4,240	0,763	1,704	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	0,68	0,21	1,29	0,42	ND
Nitrógeno Total en mg/L	1,130	795,000	139,148	283,839	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	3,120	9,640	5,173	1,737	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	361,33	64,00	832,00	412,30	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	7,900	94,000	38,420	29,068	30
Sólidos Totales en mg/L*	337,65	70,60	884,00	370,19	ND
Sulfatos en mg/L	14,493	1227,00	481,467	400,500	ND
Sulfuros mg/L*	7,60	0,20	15,00	10,46	ND
Sustancias activas al azul de metileno en mg/L	0,016	0,423	0,169	0,189	0,5
Temperatura en °C	3,100	34,800	29,230	5,897	ND
Turbidez en NTU	3,200	120,000	43,818	34,875	ND
Valor de pH	6,800	8,720	7,500	0,565	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. *Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad se presenta sobrepaso de los niveles máximos para los parámetros DQO, nitritos y sólidos suspendidos totales respecto al promedio. En cuanto a los valores mínimos y máximos se evidencia sobrepaso en los parámetros DBO, DQO, hierro, nitratos, nitritos, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el pH (6,8 – 8,7) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO₅ (23,7 mg/l) presenta cumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l); el oxígeno disuelto presenta



incumplimiento del objetivo de calidad (6mg), con un mínimo de 3,12 mg/L; el promedio de alcalinidad (145,16 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de afectación (Roldan y Ramírez, 2008).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites); los compuestos de nitrógeno cuales presentaron valores máximos mayores a 2mg/L lo que es un indicativo de condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968).

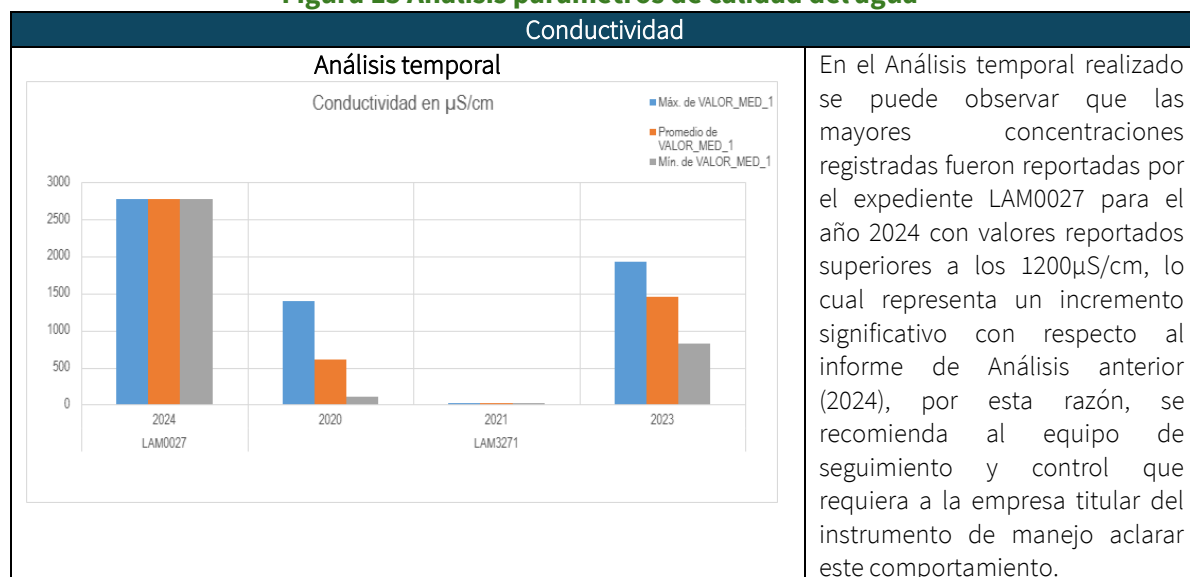
En cuanto a otros iones, los cloruros presentaron concentraciones de 39 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los valores máximos de hierro (7,270 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 1,76 mg/l.

En cuanto a los sólidos en general se presentan concentraciones altas de sólidos suspendidos con un valor promedio de 38,42 mg/l, superando el límite máximo de calidad de agua dado por el objetivo de calidad (30 mg/L).

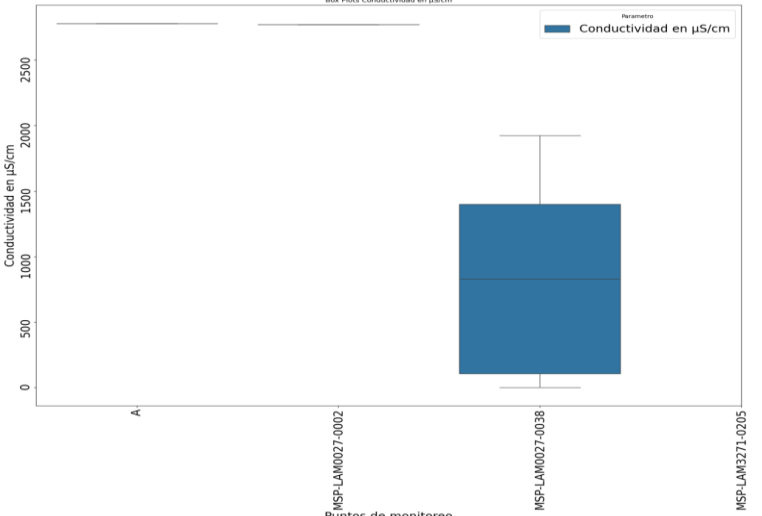
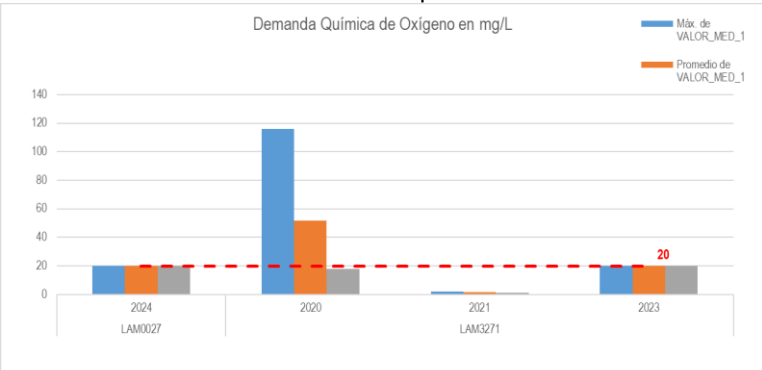
Finalmente, se pudo observar una tendencia creciente de los datos creciente en parámetros como Acidez total, conductividad, sólidos disueltos y totales, sulfatos, sulfuros y turbidez, por lo que se recomienda continuar monitoreando estos parámetros en aras de esclarecer si la información corresponde a eventos aislados; el resto de los parámetros se mantuvo dentro de las tendencias históricas.

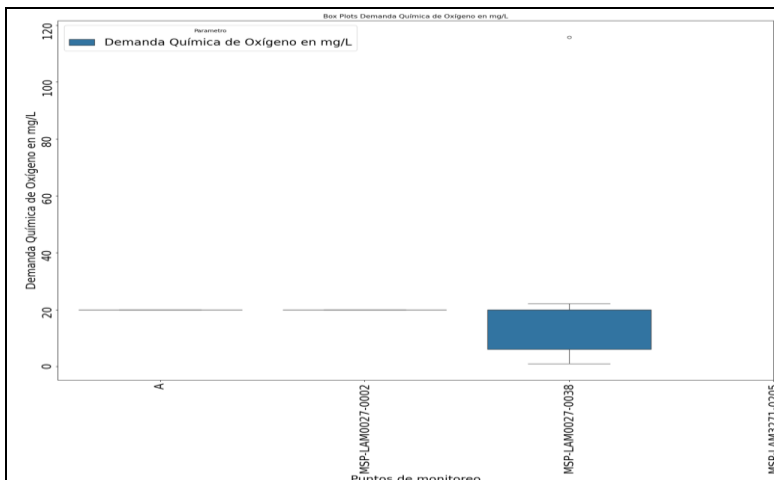
Para complementar el anterior análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros que presentaron incumplimiento en los objetivos de calidad, como se muestra a continuación:

Figura 15 Análisis parámetros de calidad del agua



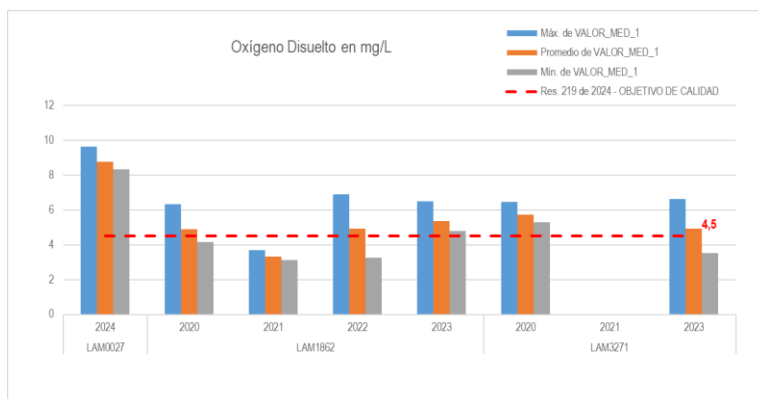


	La conductividad con valores $>200 \mu\text{S/cm}$ presenta resultados altos según la clasificación de Tarradellas (2006), al igual que los sulfatos con valores $>100 \text{ mg/l}$, también se ubican en el rango alto según esta clasificación.
Análisis espacial Box Plot Conductividad en $\mu\text{S/cm}$  Conductividad en $\mu\text{S/cm}$ Puntos de monitoreo	El punto de monitoreo con mayor variabilidad estadística corresponde al MSP-LAM0027-0038 del expediente LAM0027, no obstante al ser el primer registro de este punto no es posible realizar un comparativo con datos anteriores. Por otra parte, los demás puntos se mantienen dentro de los promedios históricos reportados.
DQO	
Análisis temporal Demanda Química de Oxígeno en mg/L  Máx. de VALOR_MED_1 Promedio de VALOR_MED_1 20	el valor máximo registrado fue de 115.81 mg/L en 2020 en el expediente LAM3271, superando ampliamente el objetivo de calidad de 20 mg/L. En este mismo punto, el promedio anual en 2020 fue de 51.9 mg/L, con valores mínimos de 17.75 mg/L.
Análisis espacial	En el análisis espacial, se observaron registros elevados en el punto MSP-LAM3271-0205, con un valor máximo de 115.8 mg/L y un promedio de 26.7 mg/L, superando en varias mediciones el objetivo de calidad de 20 mg/L.



Oxígeno disuelto

Análisis temporal

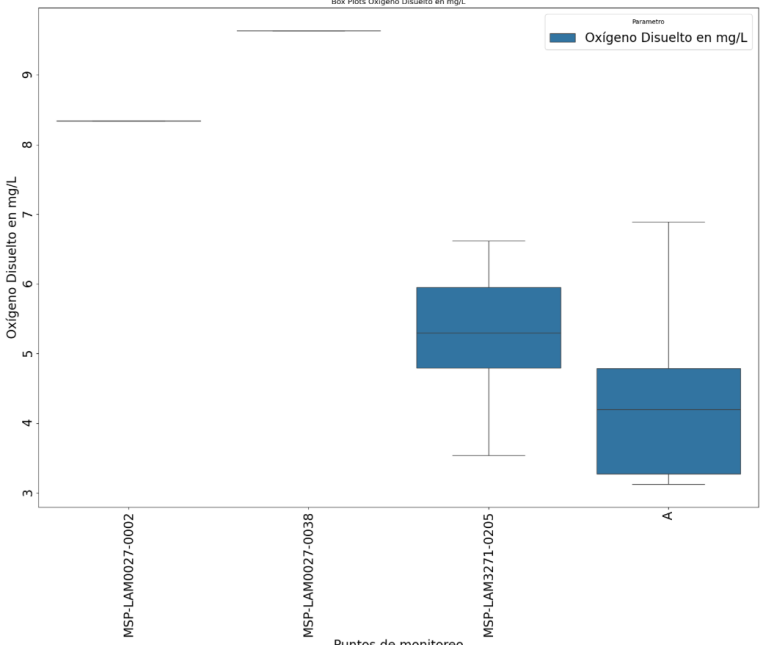
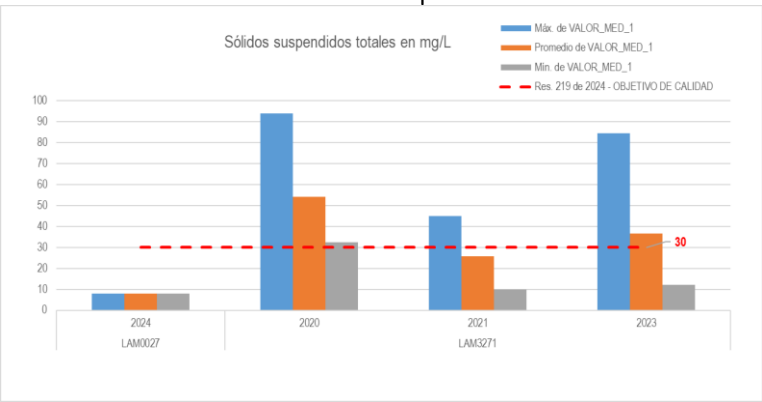


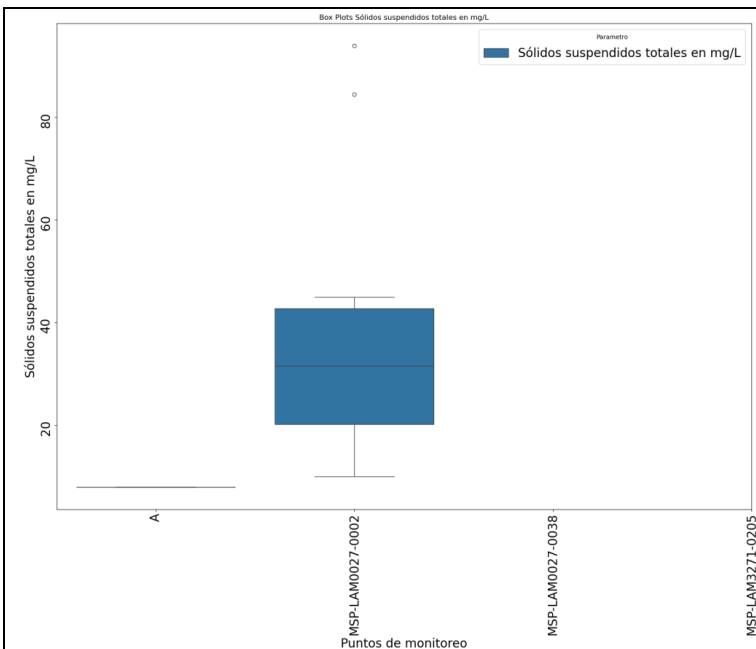
El oxígeno disuelto presenta incumplimiento del objetivo de calidad (6mg), con un mínimo de 3,12 mg/L el cual fue reportado por el monitoreo realizado en el 2021 por el expediente LAM1862, no obstante, en los últimos monitoreos entregados se evidencia el incremento en la concentración de este parámetro dando cumplimiento al objetivo de calidad de agua ($\geq 4,5$ mg/L), caso similar ocurre con el expediente LAM3271 donde se pasó de concentraciones de 3,54 mg/L a 6,62 mg/L.

Análisis espacial

El gráfico de barras evidencia variabilidad en los datos estadísticos de los puntos de muestreo MSP-LAM3271-0305 del expediente LAM3271 y el punto A del expediente LAM1862 con valores mínimos entre 3,54 mg/L y 3,12 mg/L sin embargo a nivel de promedios los resultados son de 4,5 mg/L y 5,1 mg/L los cuales se dan cumplimiento al límite establecido por el objetivo de calidad ($\geq 4,5$ mg/L).



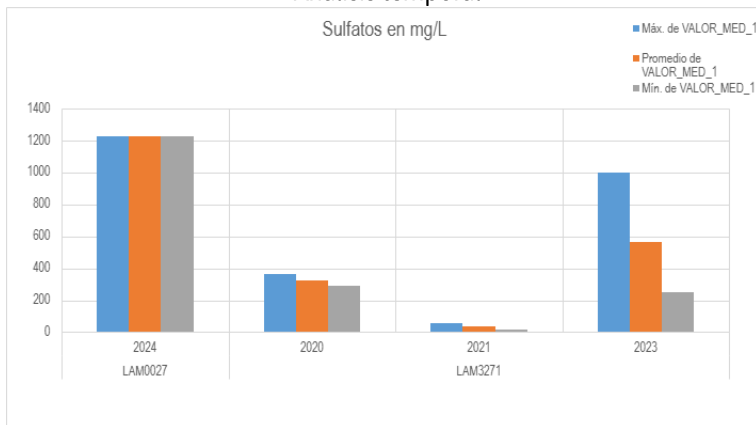
 Box Plots Oxígeno Disuelto en mg/L. Parámetro: Oxígeno Disuelto en mg/L Puntos de monitoreo	
Sólidos suspendidos totales	
Análisis temporal  Sólidos suspendidos totales en mg/L — Máx. de VALOR_MED_1 — Promedio de VALOR_MED_1 — Min. de VALOR_MED_1 — Res. 219 de 2024 - OBJETIVO DE CALIDAD	En cuanto a los sólidos en general se presentan concentraciones altas de sólidos suspendidos con un valor promedio de 38,42 mg/l, superando el límite máximo de calidad de agua dado por el objetivo de calidad (30 mg/L). El punto más alto se presentó en 2020 en el expediente LAM3271 con 94 mg/L, superando el objetivo de calidad de 30 mg/L. En 2021 y 2023 se observaron disminuciones, aunque con registros aún superiores al límite en algunos casos. El expediente LAM0027 mantuvo concentraciones bajas y constantes de 7.9 mg/L, cumpliendo con el valor establecido.
Análisis espacial	En cuanto a los sólidos suspendidos totales, los valores más elevados se registraron en el punto MSP-LAM3271-0205 con una concentración máxima de 94 mg/L, superando el objetivo de calidad de 30 mg/L. No obstante, al comparar las concentraciones aguas abajo del arroyo Garrapatas se evidencia una leve disminución



con respecto al informe anterior (2024), pasando de una concentración promedio de 36,21 mg/L a 33,603 mg/L, lo que indica que no hay acumulación aguas debajo de los puntos monitoreados.

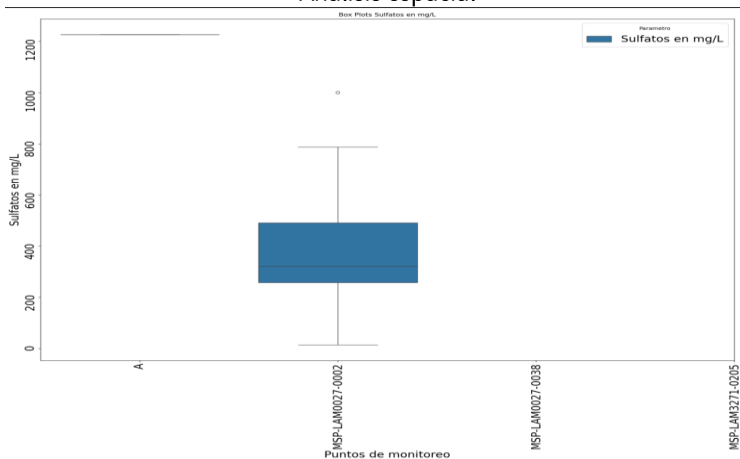
Sulfatos

Análisis temporal



Los sulfatos presentan sus mayores valores para el año 2024 específicamente en la información reportada por el expediente LAM0027, no obstante al ser el primer registro de este punto no es posible realizar un comparativo con datos anteriores. Por otra parte se evidencia un aumento significativo de la concentración de sulfatos en el monitoreo realizado en el año 2021 por el titular del expediente LAM3271.

Análisis espacial



El punto de monitoreo con mayor variabilidad estadística corresponde al MSP-LAM0027-0002 que se encuentra cercano al punto de vertimiento de la Piscina 4 del expediente LAM0027, no obstante, al ser el primer reporte de este punto no es posible realizar un comparativo con datos anteriores. Por lo que se recomienda al equipo de seguimiento y control realizar los requerimientos pertinentes que expliquen los valores obtenidos.

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.10 Caño El Tigre - Arroyo San Antonio

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para los periodos 2020 a 2024, en la Tabla 14, 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 y del LAM3271.

Para este periodo de análisis se actualiza la información del expediente LAM0027 para los monitoreos de 2024.

Tabla 14. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño El Tigre - Arroyo San Antonio

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	9,190	44,880	18,843	17,397	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	24,660	174,000	70,608	25,853	ND
Caudal (Insitu) L/s*	2194,56	6,12	8928,00	2100,50	ND
Cloruros en mg/L	0,650	39,700	6,267	5,741	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	0,000	1600000	278350	1903951	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	0,000	16000000	289877	1928031	20000
Conductividad en µS/cm	11,280	922,000	242,408	154,817	ND
Demanda bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,020	10,290	3,586	2,004	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	15,200	56,650	26,027	10,096	20
Fenoles en mg/L	0,052	0,187	0,119	0,060	ND
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	ND
Grasas y Aceites en mg/L	1,150	2,210	1,680	0,750	2,0
Hierro en mg/L	0,137	8,336	1,411	1,392	5
Nitratos en mg/L	0,070	7,340	0,822	0,903	15
Nitritos en mg/L	0,006	0,440	0,071	0,079	0,1
Nitrógeno Amoniacal en mg/L*	1,44	0,21	5,59	2,33	ND
Nitrógeno Total en mg/L	1,130	10,260	2,495	1,991	ND
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L*	2,33	1,04	8,50	1,73	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	1,570	9,280	6,871	1,018	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	165,10	7,00	735,00	126,99	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	6,200	330,000	51,510	56,156	30
Sólidos Totales en mg/L*	219,00	16,00	770,00	138,25	ND
Sulfatos en mg/L	10,000	575,000	74,486	93,806	ND
Temperatura en °C	24,700	36,400	30,036	2,222	ND
Turbidez en NTU	1,160	311,000	43,691	52,302	ND
Valor de pH	6,360	8,910	7,824	0,452	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. *Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

En resumen, los parámetros que presentan incumplimiento actual son los Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales. Por otro lado, los parámetros que cumplen con los objetivos incluyen Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Oxígeno Disuelto, Grasas y Aceites, Nitratos, Nitritos, Hierro, Cadmio, Fluoruros y pH. Se evidencia una mejora general en varios parámetros como grasas y aceites, oxígeno disuelto y sulfatos, aunque persisten puntos críticos asociados a la carga microbiológica y material particulado en suspensión.

De acuerdo con los resultados, se observa que varios parámetros presentan incumplimiento de los objetivos de calidad, mientras que otros se mantienen dentro de los rangos permitidos. Para los Coliformes Fecales, el promedio fue de 278350 NMP/100 ml, muy superior al objetivo de 2000 NMP/100 ml, evidenciando un incumplimiento que se ha mantenido frente al reporte anterior, donde también se superaban ampliamente los límites. Similar comportamiento presenta los Coliformes Totales, con un promedio actual de 289877 NMP/100 ml, también muy por encima del objetivo de 20000 NMP/100 ml, manteniéndose como uno de los parámetros más críticos.

Respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), el promedio actual es de 3,586 mg/L, cumpliendo con el objetivo de 10 mg/L, lo que refleja que este parámetro no presenta incumplimiento y se mantiene estable respecto al valor anterior de 3,66 mg/L. En el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el promedio fue de 26,027 mg/L, superando el objetivo de calidad de 20 mg/L, indicando incumplimiento, aunque se mantiene similar al periodo anterior donde el promedio también fue de 26,03 mg/L.

Para el parámetro de Grasas y Aceites, se registró un promedio de 1,680 mg/L, situándose dentro del objetivo de 2,0 mg/L. Esto representa una mejora frente al reporte anterior, donde el promedio estaba exactamente en 2,21 mg/L, es decir, en el límite. Por lo tanto, actualmente se cumple con el objetivo de calidad en este aspecto.

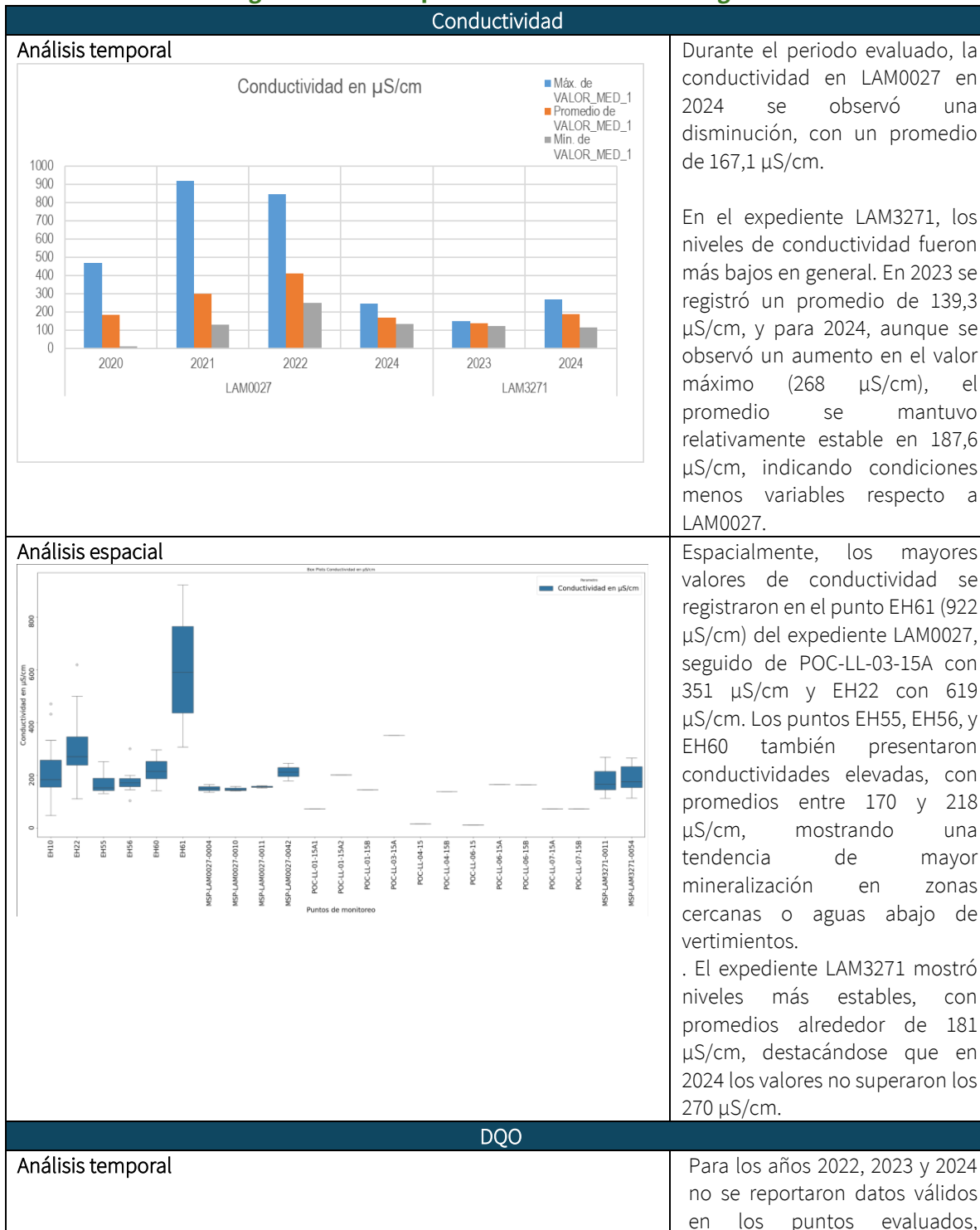
El Nitrato presentó un promedio de 0,822 mg/L, cumpliendo ampliamente con el objetivo de 15 mg/L, igual que en el reporte anterior. Sin embargo, los Nitritos promediaron 0,071 mg/L, manteniéndose dentro del límite de 0,1 mg/L, mostrando una ligera mejoría respecto al promedio anterior de 0,08 mg/L. Es importante mencionar que, aunque el máximo registrado de nitritos fue de 0,440 mg/L, en promedio no se supera el objetivo.

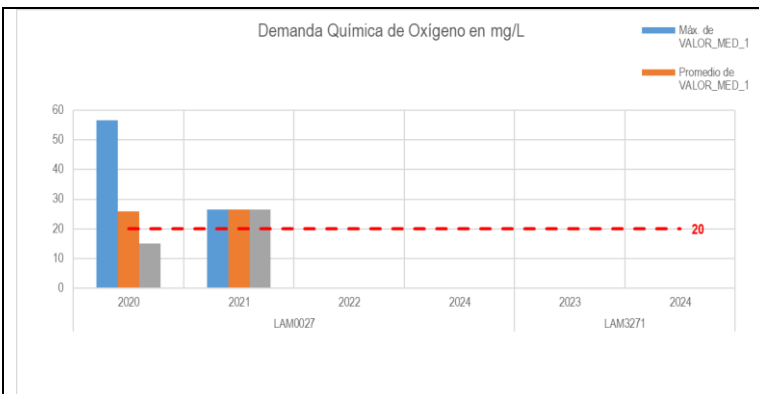
Para el Hierro, el promedio de 1,411 mg/L sigue cumpliendo con el objetivo de calidad de 5 mg/L, sin cambios importantes frente al análisis anterior. El Cadmio presenta un valor de 0,003 mg/L, cumpliendo ampliamente con el objetivo de calidad de 0,1 mg/L, igual que en el periodo previo.



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

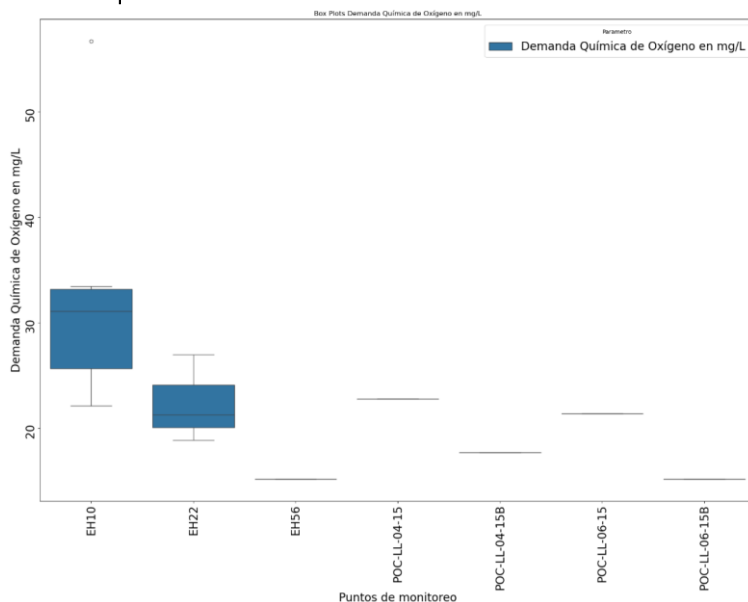
Figura 16 Análisis parámetros de calidad del agua





mostrando valores por debajo de los límites de cuantificación.

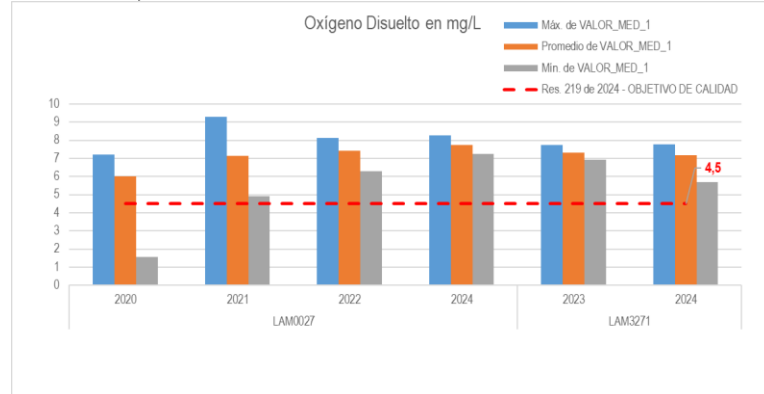
Análisis espacial



Los puntos de monitoreo EH10 y EH22 del expediente LAM0027 mostraron las concentraciones más elevadas, con valores máximos de 56,65 mg/L y 26,97 mg/L respectivamente. EH10 presentó el promedio más alto (32,12 mg/L), superando el objetivo de calidad de 20 mg/L, este punto de muestreo que no se encuentra cercano a los vertimientos del expediente LAM0027.

Oxígeno disuelto

Análisis temporal

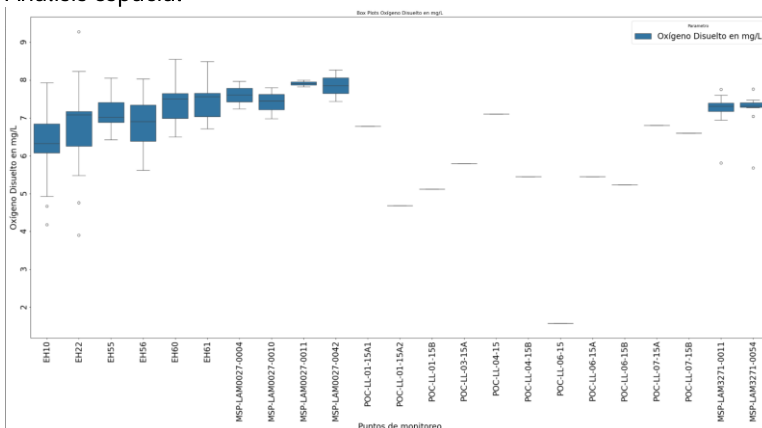


Respecto al Oxígeno Disuelto, el promedio actual de 6,871 mg/L muestra cumplimiento respecto al objetivo mínimo de 4,5 mg/L. Además, representa una leve mejoría frente al reporte anterior, donde el promedio era de 6,72 mg/L, fortaleciendo las condiciones para el sostenimiento de la vida acuática entre 2020 y 2024. En 2024 se alcanzaron promedios de 7,75 mg/L, con valores mínimos de 7,24 mg/L, cumpliendo ampliamente con el objetivo de calidad.

En el expediente LAM3271, los resultados también fueron



Análisis espacial



favorables, con promedios de 7,20 mg/L y mínimos de 5,68 mg/L en 2024,

Durante 2023 y 2024, se observó una mejora general en los niveles de oxígeno disuelto. Sin embargo, persisten incumplimientos respecto al objetivo de calidad en varios sitios. En 2024, estaciones como EH10 y EH22 continuaron registrando bajos niveles de oxígeno.

Asimismo, en los puntos asociados a vertimientos (POC-LL-01-15A2, POC-LL-01-15B, POC-LL-03-15A, POC-LL-04-15A, POC-LL-04-15B, POC-LL-06-15, POC-LL-06-15A, POC-LL-06-15B) se mantienen registros por debajo del objetivo en 2023 y 2024, reflejando que, aunque hay una tendencia de mejora en la oxigenación general del sistema, en estos puntos sigue siendo evidente la influencia de los vertimientos (SA-W3-1, PV-LL-05-15, VERT RH 01-19, PV-LL-04-15, PV-LL-03-15, PV-LL-02-15 y PV-LL-01-15) sobre la calidad del agua.

Sólidos suspendidos totales

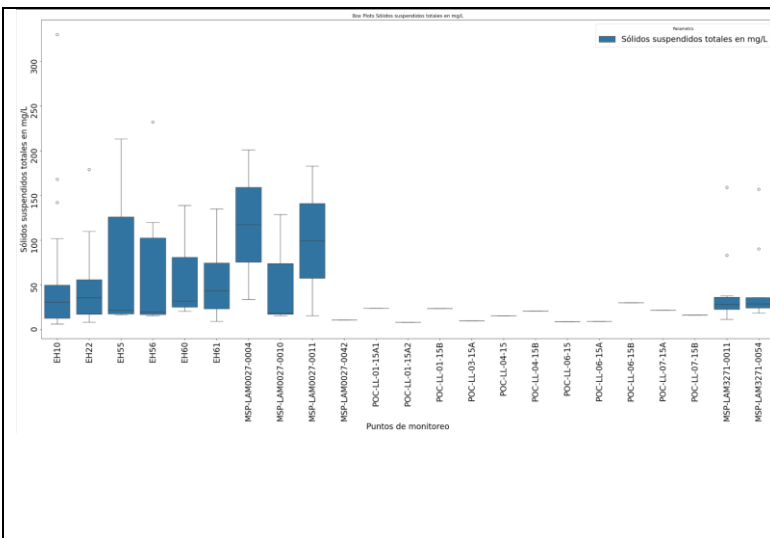
Análisis temporal



En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales, el promedio actual fue de 51,510 mg/L, superando el objetivo de calidad de 30 mg/L. Aunque el valor es similar al anterior (50,61 mg/L), se sigue presentando incumplimiento en este parámetro, indicando que las cargas de sedimentos siguen siendo altas. También se observaron concentraciones elevadas en 2024, tanto en LAM0027 (201 mg/L) como en LAM3271 (159 mg/L).

Análisis espacial

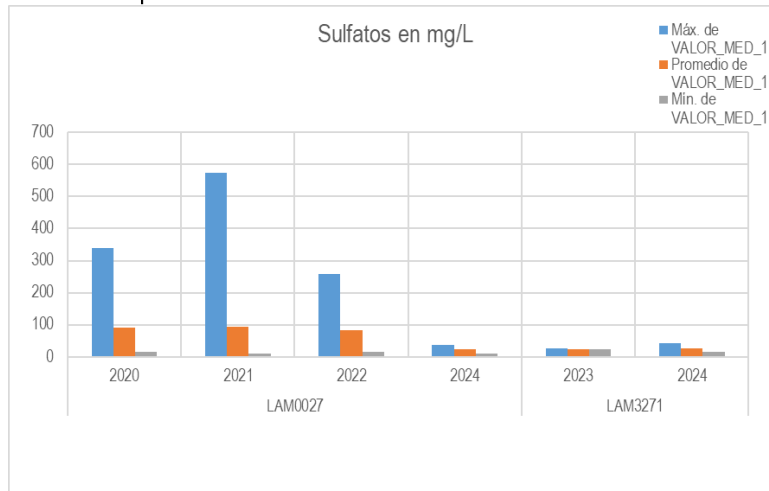
Los valores más elevados se presentaron en el punto EH10 del expediente LAM0027, con un máximo de 330 mg/L, relacionado con un el punto de



monitoreo aguas arriba donde no hay vertimientos en el caño el tigre y en cercanía al vertimiento PV-LL-01-15 del expediente referido. También se registraron concentraciones altas en los puntos EH55 (213 mg/L) y EH56 (232 mg/L) del mismo expediente, asociados a zonas de aporte urbano y minero. En el expediente LAM3271, el punto MSP-LAM3271-0011 mostró un máximo de 159 mg/L. Por lo tanto, se incumple el objetivo de calidad aguas arriba de los vertimientos.

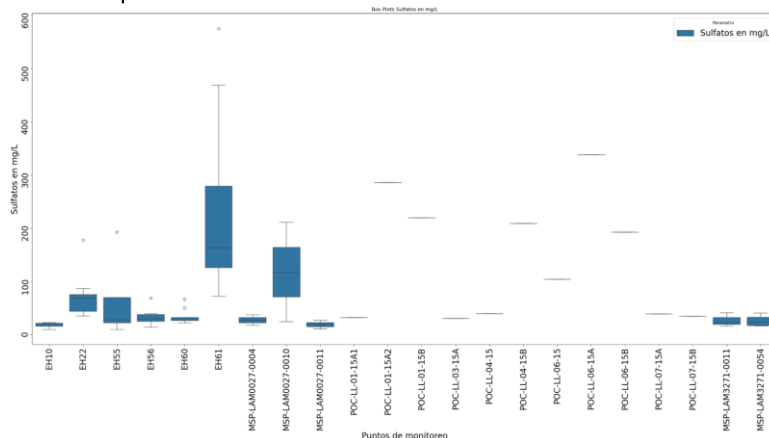
Sulfatos

Análisis temporal



En cuanto a Sulfatos, el promedio disminuyó a 74,486 mg/L, lo cual representa una mejora frente al promedio anterior de 92,25 mg/L, situándose en un rango aceptable. En el expediente LAM3271, los niveles de sulfatos se mantuvieron bajos en general, con promedios de 23,6 mg/L en 2023 y 25,8 mg/L en 2024. Esta tendencia sugiere un comportamiento más estable y concentraciones menores de sulfatos respecto a LAM0027.

Análisis espacial



En el expediente LAM0027, los valores más altos de sulfatos se registraron en el punto EH61 con un máximo de 575 mg/L y en POC-LL-06-15A con 338 mg/L, mostrando zonas de concentración significativa. También destacan los puntos POC-LL-01-15A2 (285,8 mg/L) y POC-LL-01-15B (219,9 mg/L). Los puntos EH22 y EH55 mostraron promedios superiores a 60 mg/L.

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.11 Arroyo Las Ánimas

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la Figura 7. 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 2024.

Para este periodo de análisis se actualiza la información del expediente LAM3271, para los monitoreos de 2023 y 2024.

Tabla 15. 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	22,800	172,000	89,544	39,156	ND
Cloruros en mg/L*	2,550	3,690	3,120	0,806102	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	40,000	35000	3492,466	4786,444	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	130,0	92000	8136,695	11263,375	20000
Conductividad en µS/cm	55,000	1314,00	387,935	282,917	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,000	9,180	3,722	1,859	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	23,900	31,000	26,400	3,279	20
Fósforo Total en mg/L	0,075	0,954	0,201	0,141	ND
Hierro en mg/L	0,115	4,845	1,226	0,974	5
Nitratos en mg/L	0,070	1,300	0,411	0,271	15
Nitritos en mg/L	0,006	0,358	0,041	0,056	0,1
Ortofosfatos en mg/L*	0,068	0,075	0,0715	0,00495	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	1,730	8,450	6,151	1,439	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	201	204	202,5	2,12132	ND
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	0,100	0,100	36,662	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,700	215,000	38,098	129,714	30
Sólidos Totales en mg/L*	222	226	224	2,828427	ND
Sulfatos en mg/L	1,330	483,000	92,174	2,323	ND
Temperatura en °C	22,900	36,300	29,130	19,913	ND
Turbidez en NTU	0,750	150,000	26,761	0,491	ND
Valor de pH	6,240	8,650	7,603		6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. *Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

Respecto a los objetivos de calidad se presenta incumplimiento para los parámetros coliformes fecales, DQO y Sólidos suspendidos totales, respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros Coliformes (totales y fecales), DQO, Nitritos, Oxígeno disuelto y sólidos suspendidos.

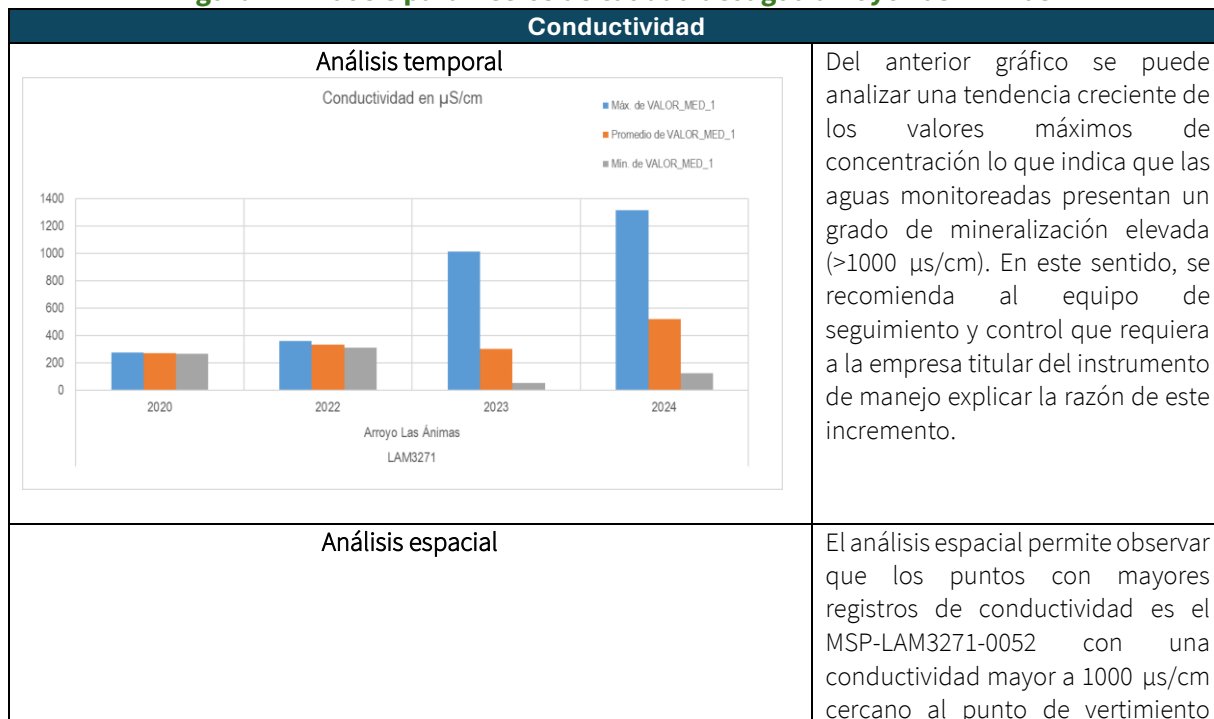
Adicional a lo anterior, en cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el de pH (6,2 – 8,65 unidades) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9 unidades); la conductividad promedio está entre 387,94 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual es indicativo de mineralización media; el promedio de alcalinidad (89 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de afectación definidos por Roldan y Ramírez, 2008 ($>200\text{mg}/\text{l}$).

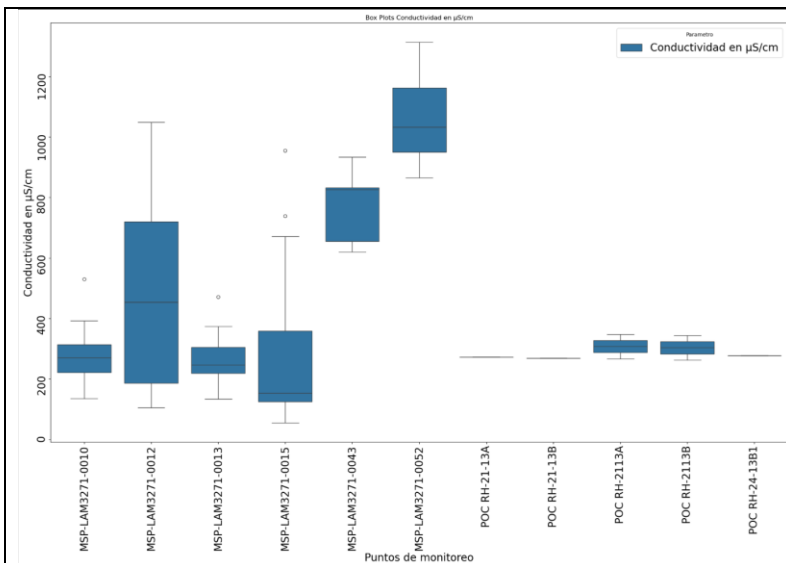
No se cuenta con información de los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles), se observan condiciones de eutrofia con fósforo total $>0,02$ mg/l y ortofosfatos >0.014 mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); en cuanto a los compuestos de nitrógeno los valores máximos son 1,3 mg/l para nitratos y 0,36 mg/l para nitritos superando los límites establecidos por los objetivos de calidad (15mg/L y 0,1 mg/L respectivamente).

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 483 mg/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 superan valores máximos de los objetivos establecidos.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros que presentaron incumplimiento de los objetivos de calidad o resultados elevados, como se muestra a continuación:

Figura 17 Análisis parámetros de calidad del agua arroyo Las Ánimas

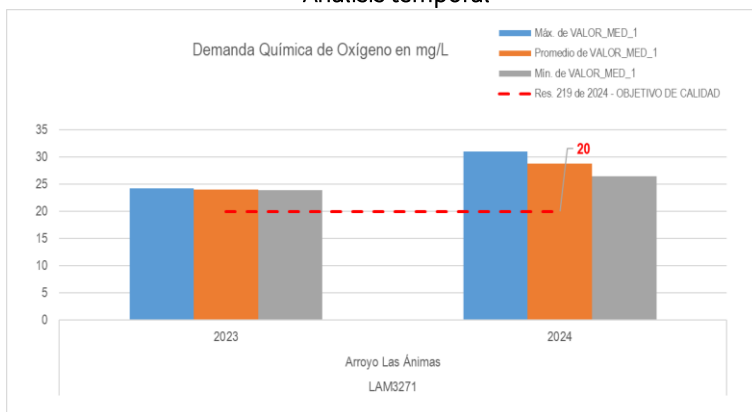




VERT RH 01-13, adicionalmente, en la información presentada de los monitoreos realizados en el 2024 se observaron altos valores de conductividad entre 865 $\mu\text{S/cm}$ y 1314 $\mu\text{S/cm}$, por lo que es recomendable que el equipo de seguimiento y control realice los requerimientos pertinentes que sustenten este comportamiento.

Demanda Química de Oxígeno

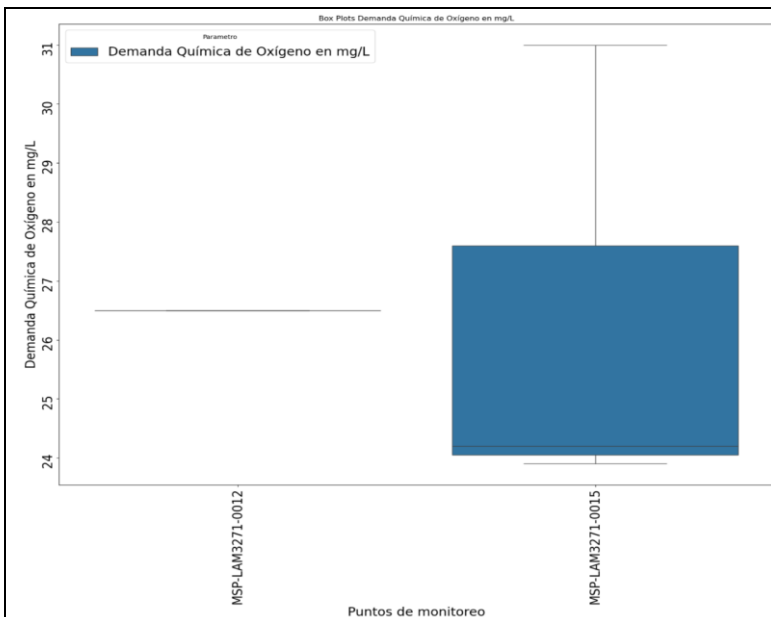
Análisis temporal



Con base en el análisis temporal realizado se pudo observar un aumento de la concentración del determinante para el monitoreo del año 2024, adicionalmente en ambas periodos se supera el valor establecido por el objetivo de calidad (20 mg/L).

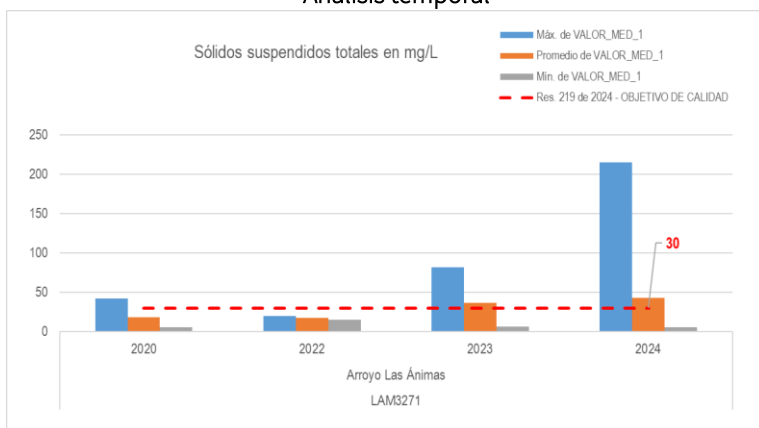
Análisis espacial

El gráfico de cajas y bigotes permite observar una mayor dispersión en los datos reportados en el punto de monitoreo MSP-LAM3271-0015 con una mediana cercana a 27mg/L lo cual sobrepasa el límite establecido por el objetivo de calidad de 20 mg/L, por otra parte, el resto de los puntos monitoreados para este fuente hídrica reportó valores por debajo del límite de detección del laboratorio, los valores por encima del límite de detección corresponden a un 4,35% del total de los datos reportados en el año 2024.



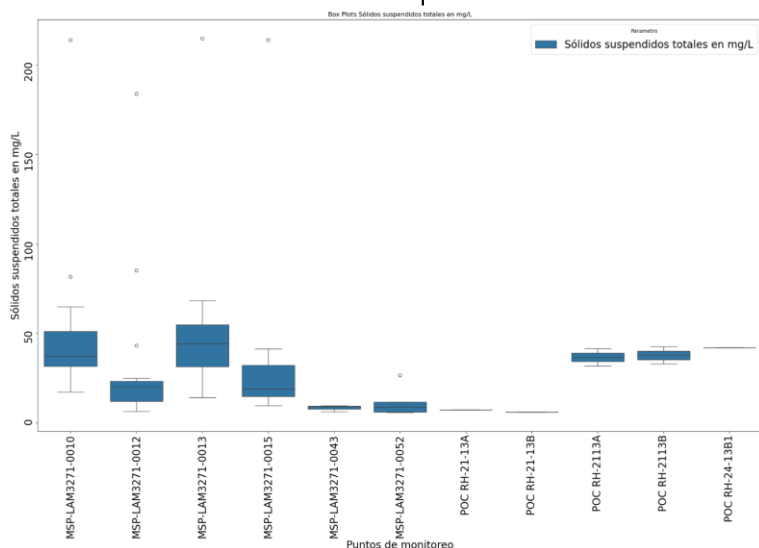
Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal



Durante el periodo analizado (2020 a 2024) se observa un incremento significativo pasando de una concentración de 81,6 mg/L registrado en el monitoreo del 2023 a 215 mg/L registrado en el monitoreo del 2024, razón por la cual se sugiere al equipo de seguimiento y control requerir al licenciatario aclaración sobre este cambio.

Análisis espacial



Además, se observa incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (30 mg/l) en siete (7) de los 11 puntos monitoreados. Se observa variabilidad estadística en los datos en general sobrepasando el límite del objetivo de calidad, sin embargo, no se evidencia incremento en la concentración del determinante aguas abajo



Oxígeno Disuelto																					
Análisis temporal Oxígeno Disuelto en mg/L Arroyo Las Ánimas LAM3271 Legend: Máx. de VALOR_MED_1 (blue), Promedio de VALOR_MED_1 (orange), Mín. de VALOR_MED_1 (grey), Res. 219 de 2024 - OBJETIVO DE CALIDAD (red dashed line at 4.5). <table><tr><th>Año</th><th>Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th></tr><tr><td>2020</td><td>5.2</td><td>4.0</td><td>2.0</td></tr><tr><td>2022</td><td>7.0</td><td>7.0</td><td>7.0</td></tr><tr><td>2023</td><td>8.2</td><td>5.8</td><td>1.8</td></tr><tr><td>2024</td><td>8.2</td><td>6.8</td><td>4.5</td></tr></table>	Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)	2020	5.2	4.0	2.0	2022	7.0	7.0	7.0	2023	8.2	5.8	1.8	2024	8.2	6.8	4.5	En cuanto al oxígeno disuelto, para el 2024 los resultados estuvieron alrededor de 8,45 mg/l, con un valor mínimo reportado de 1,9 mg/L en el punto de monitoreo MSP-LAM3271-0015 ubicado aguas arriba del vertimiento VERT RH 01-13 del expediente LAM3271. No se observa tendencia definida en el tiempo.
Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)																		
2020	5.2	4.0	2.0																		
2022	7.0	7.0	7.0																		
2023	8.2	5.8	1.8																		
2024	8.2	6.8	4.5																		
Análisis espacial Oxígeno Disuelto en mg/L Puntos de monitoreo Legend: Oxígeno Disuelto en mg/L (blue box plot).	Los valores más bajos (2 mg/l) se presentan en los puntos POC RH_24-13B1, MSP-LAM3271-0015 y MSP-LAM3271-0012 del expediente LAM3271. Además, se observa incumplimiento en el objetivo de calidad establecido ($\geq 4,5$mg/l) en el punto POC_RH_21_13B, ubicado aguas abajo del vertimiento denominado V-RH 05-13. No se observa tendencia espacial definida.																				

2.2.3.12 Ciénaga Mata de Palma

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 2023, en la Tabla 16, 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 y el LAM1862.

Para este periodo de análisis se actualizan los datos de monitoreos del expediente LAM0027 de los monitoreos de 2023. Del expediente LAM1862 la Sociedad no presenta actualización en los datos, este expediente se encuentra en tiempos de la entrega del ICA 16.



Tabla 16. Valores estadísticos de la serie de datos analizada ciénaga Mata de Palma

Parámetros	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Acidez Total en mg/L CaCO ₃	431,000	850,000	612,750	192,581	ND
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	3,240	137,580	68,826	32,679	ND
Cloruros en mg/L	2,560	132,000	19,725	36,122	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	0,000	9200,000	1199,353	2461,542	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	0,000	11000,000	1431,667	3062,624	20000
Conductividad en μ S/cm	0,200	903,000	445,934	216,450	ND
Cromo en mg/L	0,017	0,031	0,022	0,005	0,1
Demanda bioquímica de Oxígeno en mg/L	0,009	26,040	7,102	5,155	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	1,301	120,850	35,306	27,475	20
Fluoruros en mg/L*	0,16	0,15	0,17	0,01	1
Fósforo Total en mg/L	0,059	0,531	0,144	0,104	ND
Hierro en mg/L	0,112	7,040	1,262	1,782	5
Nitratos en mg/L	0,120	8,030	2,229	3,020	15
Nitritos en mg/L	0,006	0,768	0,055	0,147	0,1
Nitrógeno Total en mg/L	1,070	5,800	2,359	1,286	ND
Ortofosfatos en mg/L*	0,05	0,04	0,06	0,01	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	0,630	8,080	5,158	2,357	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	237,55	22,00	510,00	144,30	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	3,500	294,000	33,603	60,198	30
Sólidos Totales en mg/L*	243,59	22,00	596,00	164,71	ND
Sulfatos en mg/L	9,050	378,000	95,961	97,697	ND
Sulfuros mg/L	4,749	81,666	30,159	35,725	ND
Temperatura en °C	10,200	35,300	30,678	3,913	ND
Turbidez en NTU	2,600	98,800	23,371	20,205	ND
Valor de pH	6,300	8,250	7,166	0,618	6-9

Fuente: ANLA, 2025. * Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023).

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

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de pH (6,3 – 8,3) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO₅ (26,04mg/l) presenta sobrepaso al objetivo de calidad (10mg/l), sin embargo su concentración promedio es de 7,102 mg/l; el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad ($\geq 4,5$ mg/l) en los valores mínimos reportados en los puntos de monitoreo del expediente LAM1862; el promedio de alcalinidad (68,8 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de referencia (Roldan y Ramírez, 2008), para la acidez valores promedio de 612,8 mg/l.

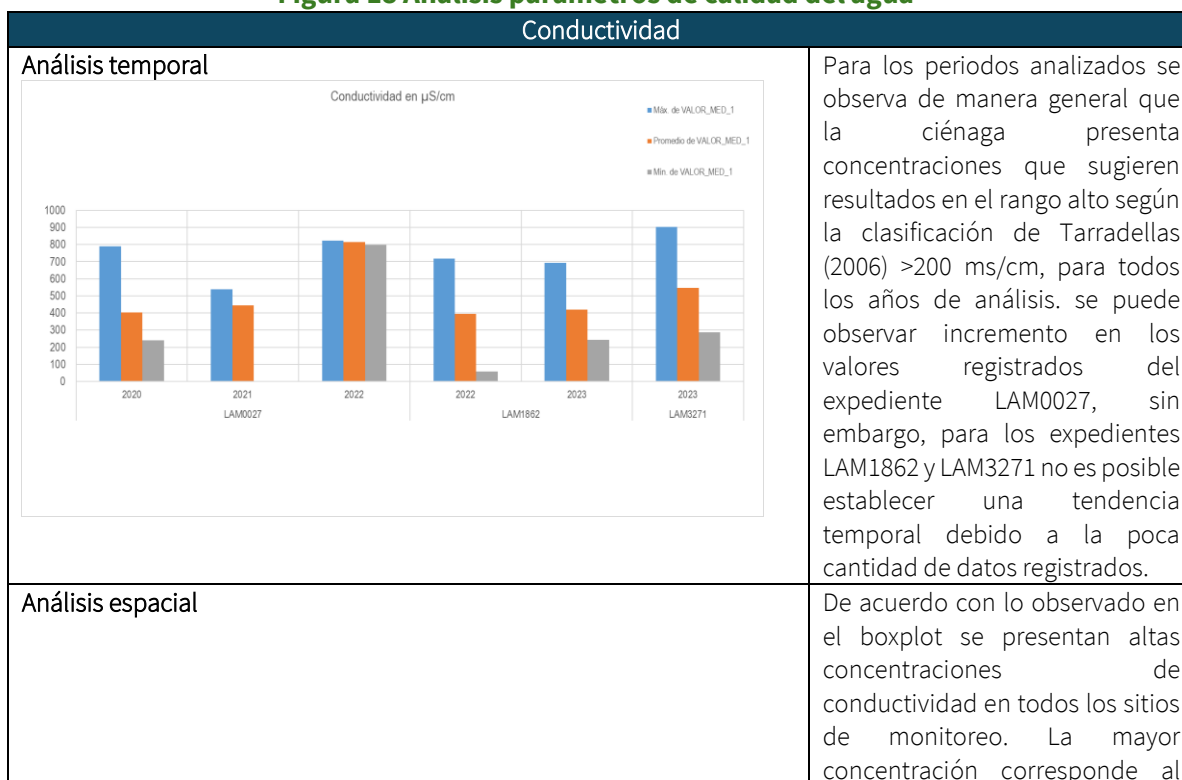
En cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total $> 0,02$ mg/l y ortofosfatos $> 0,014$ mg/l (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 5 mg/l coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), específicamente, el valor máximo de nitratos (8,03 mg/l) sin embargo no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (10 mg/l).

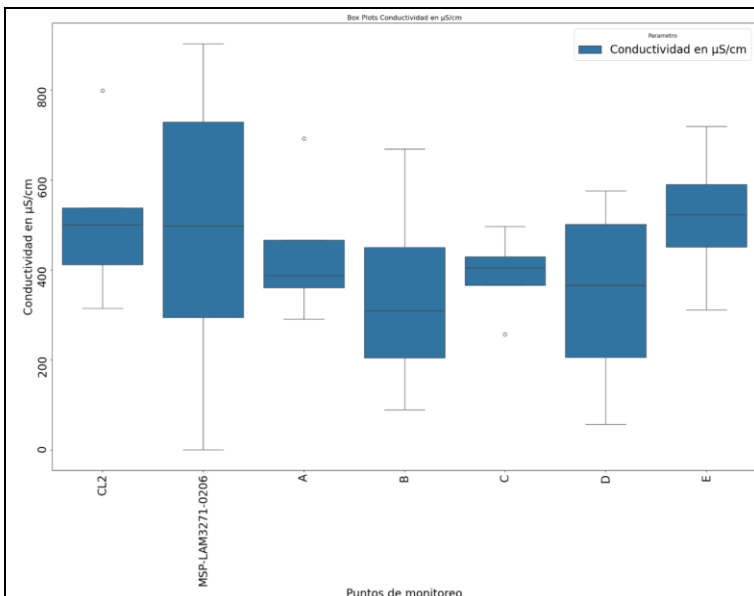
En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (0,16 mg/l); los cloruros presentaron valores de 19,72 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de 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 1,26 mg/.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes fecales presentan incumplimiento del objetivo establecido (2000 NMP/100ml), sin embargo, en los valores promedios no hay sobrepaso del límite por lo que se puede analizar que la tendencia no es generalizada.

Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros que presentaron incumplimiento de los objetivos de calidad o resultados elevados, como se muestra a continuación:

Figura 18 Análisis parámetros de calidad del agua

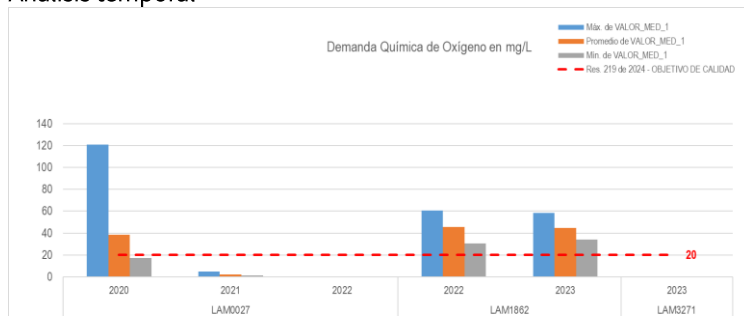




punto MSP-LAM3271-0206 del expediente LAM3271

DQO

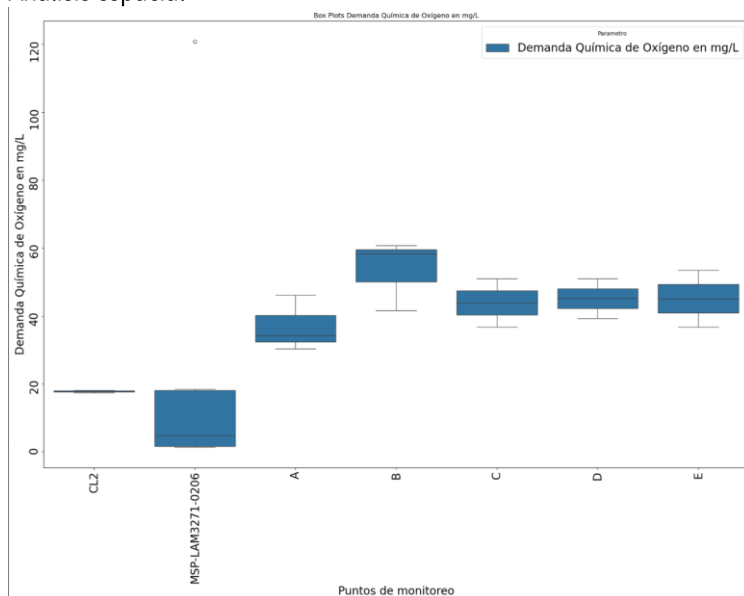
Análisis temporal



Las concentraciones más altas para la DQO se observan para el periodo de 2020 en el punto MSP-LAM3271-0206.

Para la ciénaga se presente de manera generalizada incumplimiento del objetivo de calidad en todos los periodos de Análisis a excepción del año 2021. No se observa tendencia definida en el tiempo.

Análisis espacial



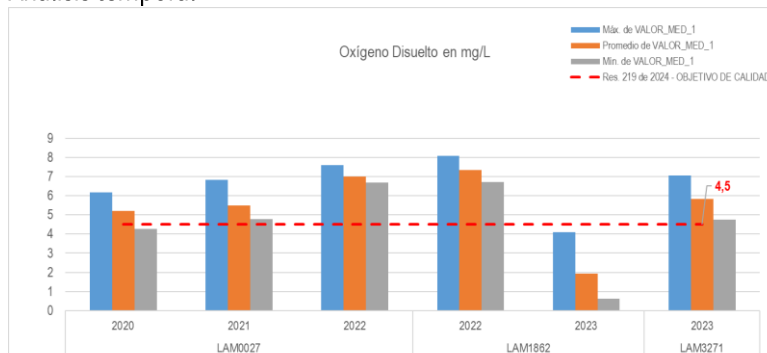
De acuerdo con el análisis espacial en la ciénaga el punto de muestreo con mayores valores de DQO corresponde a los puntos MSP-LAM3271-0206 del expediente LAM0027 y B del expediente LAM1862 que corresponden a puntos de monitoreo sobre la ciénaga, con registros de 120 mg/L y 60 mg/L respectivamente, no obstante, los valores reportados fueron para los monitoreos de los años 2020 para el LAM0027 y 2022 para el LAM1862, posterior a estos reportes se observó un decrecimiento en la concentración en ambos puntos. Para los demás puntos



de monitoreo se presenta una DQO promedio de 26,4 mg/l.

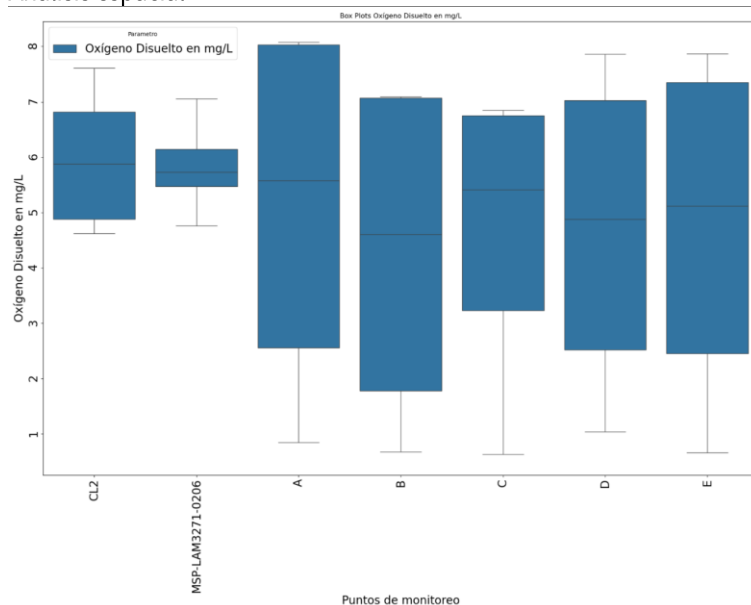
Oxígeno disuelto

Análisis temporal



El oxígeno disuelto presenta incumplimiento del objetivo de calidad en el periodo de 2023 para el expediente LAM1862. Para el resto de los periodos analizados de los expedientes LAM0027 y LAM3271, se presenta cumplimiento del objetivo de calidad y específicamente en el caso del expediente LAM0027 se evidencia una tendencia creciente, para los otros expedientes no se observa tendencia espacial definida.

Análisis espacial



De manera general en este cuerpo léntico se observan fluctuaciones en el oxígeno disuelto alcanzando concentraciones máximas de 8 mg/l y mínimas de 0,630mg/L, las mayores fluctuaciones corresponden a los puntos del expediente LAM1862. La concentración promedio es de 5,16 mg/l.

Sólidos suspendidos totales

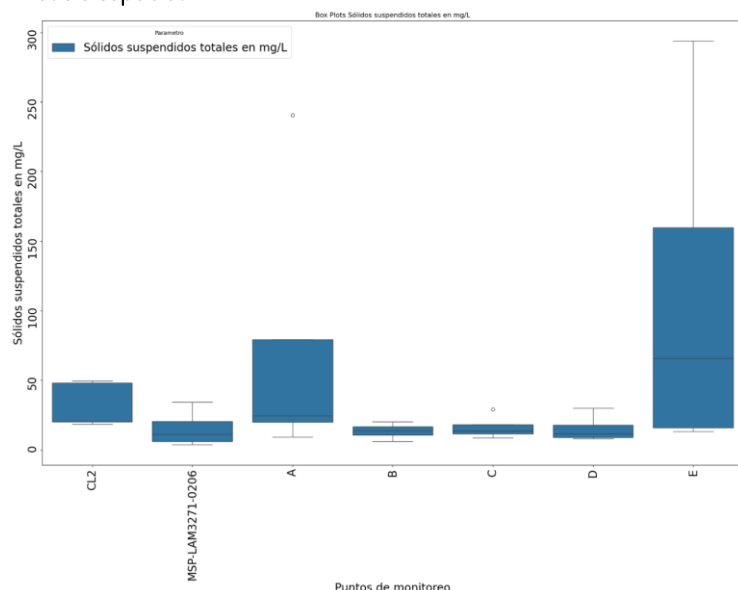
Análisis temporal



En general se presentan concentraciones altas de sólidos suspendidos con un valor promedio de 294 mg/l De acuerdo con lo observado el periodo que presenta las concentraciones más altas de SST corresponden al año 2023. Para el caso del expediente LAM1862 se evidencia un incremento de la concentración, Para el caso del expediente LAM0027 se observa una tendencia decreciente.



Análisis espacial



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.

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.3.13 Caño Platanal – El Zorro

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 2024, en la Tabla 17, se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad y cantidad del agua de caño Platanal y El Zorro. En el cual tiene presencia el expediente LAM3271.

Para el periodo de análisis se actualiza la información del expediente LAM3271 para los monitoreos de 2023 y 2024.

Tabla 17. Valores estadísticos de la serie de datos analizada Caño Platanal – El Zorro

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	36,400	465,000	151,339	55,368	ND
Caudal (Insitu) L/s*	262,97	61,13	381,25	82,72	ND
Cloruros en mg/L	2,100	22,200	6,323	3,954	ND
Coliformes Fecales en NMP/100ml	7,800	24000,000	1823,764	3568,997	2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	17,000	35000,000	4064,596	7044,728	20000
Conductividad en µS/cm	93,000	1747,000	543,880	351,961	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,020	34,300	4,444	5,412	10
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	19,680	58,400	29,558	11,522	20
Fluoruros en mg/L*	0,17	0,05	0,28	0,12	1
Fósforo Total en mg/L	0,075	0,954	0,244	0,141	ND
Hierro en mg/L	0,105	14,313	1,725	1,643	5



Nitratos en mg/L	0,130	1,270	0,411	0,220	15
Nitritos en mg/L	0,006	0,328	0,037	0,044	0,1
Nitrógeno Total en mg/L	1,014	3,952	2,083	0,880	ND
Ortofosfatos en mg/L*	0,15	0,11	0,20	0,04	ND
Oxígeno Disuelto en mg/L	2,720	10,860	6,965	1,236	4,5
Sólidos Disueltos en mg/L*	310,57	180,00	448,00	98,10	ND
Sólidos suspendidos totales en mg/L	5,100	299,000	59,614	51,034	30
Sólidos Totales en mg/L*	404,14	304,00	628,00	112,25	ND
Sulfatos en mg/L	10,100	526,000	112,224	123,118	ND
Temperatura en °C	25,000	38,700	29,876	2,555	ND
Turbidez en NTU	0,750	300,000	59,991	62,896	ND
Valor de pH	6,570	8,920	8,041	0,394	6 - 9

Fuente: ANLA, 2025. * Estos parámetros no fueron reportados durante el presente periodo de análisis; por lo tanto, la información presentada en la tabla corresponde a los datos registrados en la base de datos del periodo anterior (2023)

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

Respecto a metales pesados todos los reportes estuvieron por debajo del límite de detección, a excepción del hierro que registró un valor máximo de 14,3 mg/L, sin embargo, los promedios se encuentran por debajo del objetivo de calidad (5 mg/L).

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de pH (6,5 – 8,9) se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad (6-9); el valor máximo de la DBO5 (34,3 mg/l) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad (10mg/l), sin embargo su concentración promedio es de 4,44 mg/l; el oxígeno disuelto ha presentado incumplimiento del objetivo de calidad (4,5 mg/L) en el registro histórico analizado; el promedio de alcalinidad (151,3 mg/l) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos por Roldan y Ramírez, 2008 (>200mg/l).

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); los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos < 5mg/l lo que se encuentra por debajo de los valores de eutrofia (Vollenweider, 1968), el valor máximo de nitratos (1,2 mg/l) y no se presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (15 mg/l).

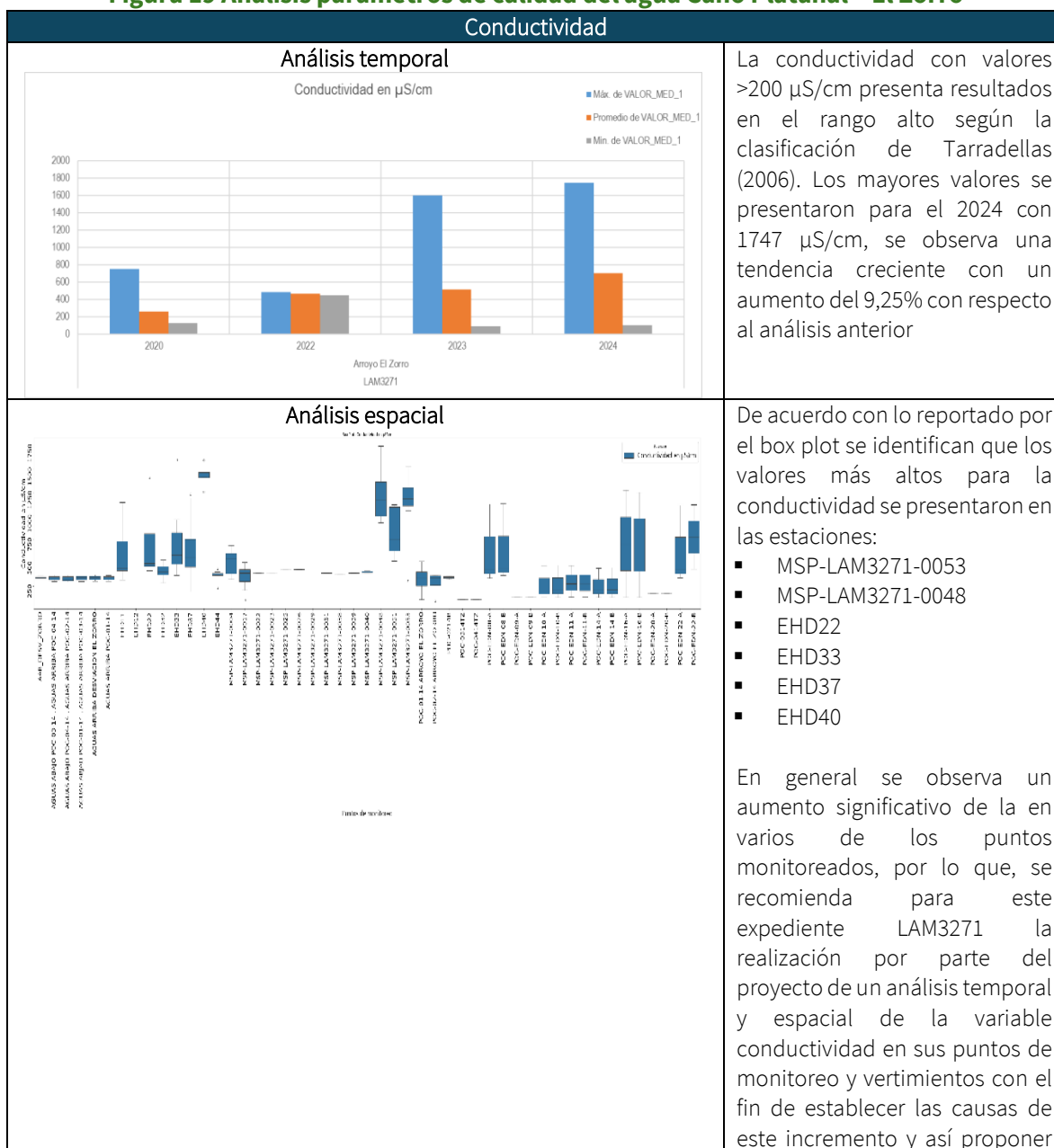
En cuanto a otros iones, se presenta cumplimiento en el objetivo de calidad para fluoruros (0,16 mg/l); los cloruros presentaron de 6,3 mg/l en sus valores promedio. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, excepto para los

valores máximos de hierro (14,3 mg/l) en donde se presenta incumplimiento en el objetivo establecido (5 mg/l) sin embargo el promedio presenta un valor de 1,72 mg/l.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales presentan incumplimiento de los objetivos establecidos en sus valores máximos, sin embargo, los promedios se mantienen por debajo del límite de calidad.

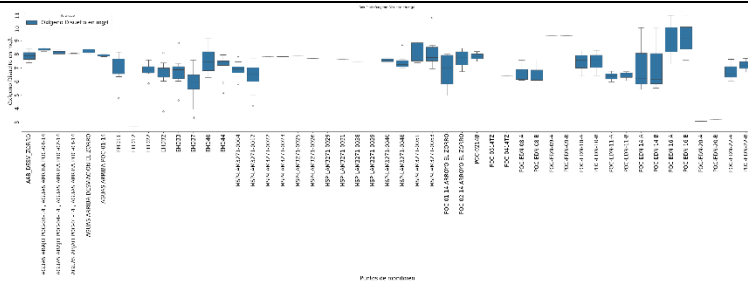
Para complementar este análisis se presenta un análisis espacial y temporal mediante diagramas de bigotes y gráficos de barras de los parámetros, como se muestra a continuación:

Figura 19 Análisis parámetros de calidad del agua Caño Platanal – El Zorro





		las medidas correctivas necesarias.																				
DQO																						
Análisis temporal Demanda Química de Oxígeno en mg/L <table><tr><th>Año</th><th>Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th></tr><tr><td>2020</td><td>22</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>2023</td><td>58.4</td><td>31.8</td><td>20</td></tr><tr><td>2024</td><td>27.4</td><td>24.7</td><td>20</td></tr></table>		Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)	2020	22	20	20	2023	58.4	31.8	20	2024	27.4	24.7	20	En 2023 se observó el valor más alto (58.4 mg/L) con un promedio de 31,8 mg/L, mientras que en 2024 las concentraciones disminuyeron a un máximo de 27.4 mg/L y un promedio de 24.7 mg/L.				
Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)																			
2020	22	20	20																			
2023	58.4	31.8	20																			
2024	27.4	24.7	20																			
Análisis espacial Box Plot Demanda Química de Oxígeno en mg/L Puntos de monitoreo		Se identificaron concentraciones elevadas de DQO en puntos como POC-01-14 ARROYO EL ZORRO (58.4 mg/L), POC-04-14TZ (51.7 mg/L) y POC-03-14TZ (42.1 mg/L), superando el objetivo de 20 mg/L. Otros sitios como POC-EDN-22-B, MSP-LAM3271-0053 y POC-EDN-10-A presentaron valores entre 27 y 28 mg/L. El promedio general fue de 29.56 mg/L, indicando valores por encima del límite admisible.																				
Oxígeno disuelto																						
Análisis temporal Oxígeno Disuelto en mg/L <table><tr><th>Año</th><th>Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)</th><th>Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)</th></tr><tr><td>2020</td><td>10.5</td><td>7.5</td><td>2.5</td></tr><tr><td>2022</td><td>7.5</td><td>6.5</td><td>6.5</td></tr><tr><td>2023</td><td>8.5</td><td>6.5</td><td>3.0</td></tr><tr><td>2024</td><td>10.5</td><td>7.5</td><td>4.5</td></tr></table>		Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)	2020	10.5	7.5	2.5	2022	7.5	6.5	6.5	2023	8.5	6.5	3.0	2024	10.5	7.5	4.5	Se evidencia recuperación en el cuerpo de agua, en los últimos monitoreos reportados, los valores cumplen con lo establecido como objetivo de calidad a excepción de un evento puntual en los puntos de monitoreo EHD32 y EHD37 del expediente LAM3271 para el año 2023.
Año	Máx. de VALOR_MED_1 (mg/L)	Promedio de VALOR_MED_1 (mg/L)	Mín. de VALOR_MED_1 (mg/L)																			
2020	10.5	7.5	2.5																			
2022	7.5	6.5	6.5																			
2023	8.5	6.5	3.0																			
2024	10.5	7.5	4.5																			
Análisis espacial		En los box plot se evidencia que las estaciones que registran valores por debajo de 4,5 mg/l son:																				

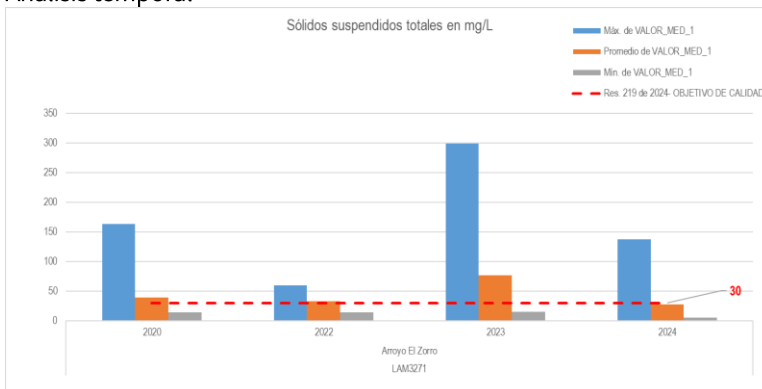


- EHD12: Ubicado aguas abajo del vertimiento L2 (Pond D03).
- POCEDN20A: Corresponde al punto de monitoreo aguas arriba de la ocupación de cauce MSP-LAM3271-0025
- POCEDN20B: Corresponde al punto de monitoreo aguas abajo de la ocupación de cauce MSP-LAM3271-0025

De estos puntos se observa que aguas abajo de estos puntos de monitoreo se evidencia recuperación de oxígeno disuelto con valores promedio de 6,75mg/l (POCEND22A)

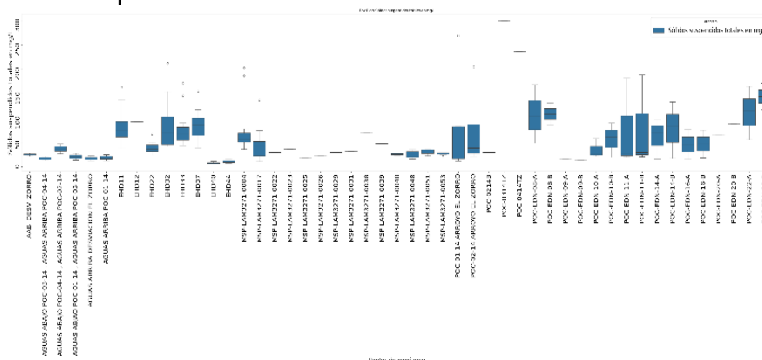
Sólidos suspendidos totales

Análisis temporal



Para el caso de los SST el mayor registro de concentración fue en el monitoreo del año 2023 con un máximo de 299 mg/L y para el año 2024 se observó un decrecimiento significativo. Los valores superiores al objetivo de calidad se presentaron durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, coincidiendo con meses de altas precipitaciones.

Análisis espacial

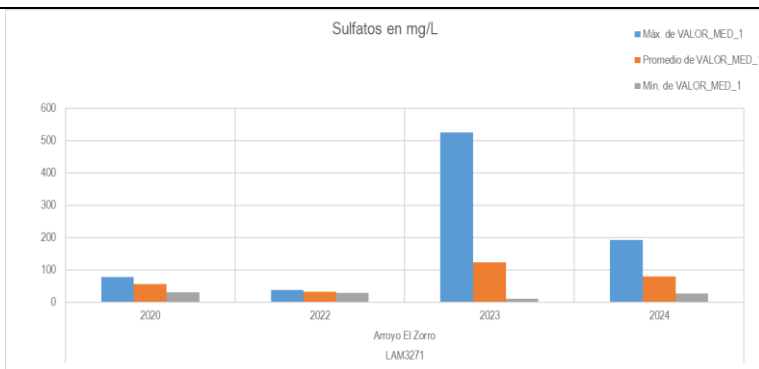


En la gráfica del box plot se observa en el punto POC-0314TZ que es el punto de muestreo más con los valores promedio más altos 299 mg/l, excediendo los valores del objetivo de calidad (30 mg/L), el promedio general del cuerpo de agua analizado se encuentra en 59 mg/L superando igualmente, los valores del objetivo de calidad.

Sulfatos

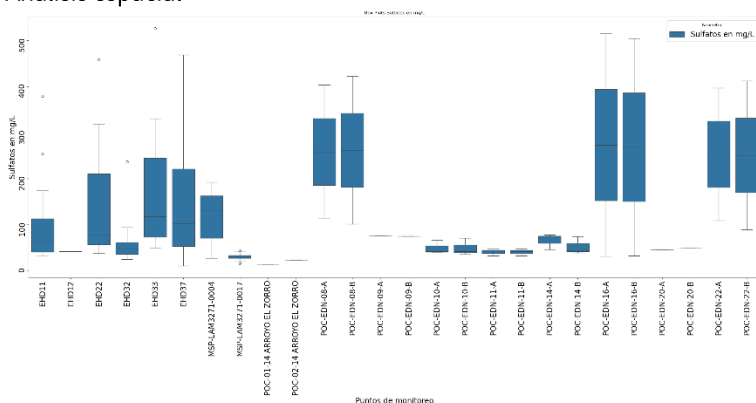
Análisis temporal

los sulfatos presentan niveles altos con valores >100 mg/l según la clasificación de



Tarradellas (2006) se evidencia un crecimiento significativo en la concentración del determinante pasando de un promedio de 48,54 mg/L (año 2023) a un promedio de 112 mg/L (año 2024), en este sentido, se recomienda al equipo de seguimiento y control realizar los requerimientos pertinentes para que el titular de la licencia aclare el incremento de la concentración del determinante señalado.

Análisis espacial



El punto de monitoreo que presenta mayor cantidad de registros con los valores más altos es EHD 33, correspondiente al punto de monitoreo de sistemas de Tratamiento de Aguas de Producción Pond D04 del LAM3271. De manera general el gráfico de cajas y bigotes permite observar heterogeneidad en la información presentada.

Fuente: ANLA, 2025.

2.2.4 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.

2.2.4.1. Demanda química de oxígeno

En la Figura 20 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 18 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 18. 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	Mal: 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 1,0 y 285 mg/L, con promedio de 37,514 mg/l, lo cual indica una calidad de agua entre aceptable y regular. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, considerando un límite de 30 mg/L para DQO, se observa que la mayoría de los cuerpos de agua no cumplen este objetivo, presentando valores que superan el umbral establecido por CORPOCESAR (2024) para este parámetro (20 mg/l).

Se observa que, sobre el Río Calenturitas, los valores promedio son de 37,514 mg/L, lo que indica que no se evidencia un incremento de la concentración hacia aguas abajo, lo cual sugiere que no se presenta acumulación de impactos en este tramo respecto a este parámetro. Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o que se encuentran dentro del área de influencia analizada, como la ciénaga Mata de Palma, tampoco se observa

acumulación en cuanto a este parámetro. Aunque los valores en Mata de Palma son relativamente altos, la mayoría de los datos están por debajo de 60 mg/L, con un promedio de 35 mg/L, lo cual resulta ser menor que los valores observados en el caño Garrapata, donde la mayoría de los registros están por debajo de 120 mg/L, con un promedio de 32 mg/L, y que en el arroyo Paraluz, donde los registros están por debajo de 60 mg/L, con un promedio de 38 mg/L. Esto indica que no se presenta un incremento de la concentración de DQO en la ciénaga Mata de Palma como cuerpo receptor de estos dos afluentes.

En el río Sororia, las concentraciones de DQO registradas oscilan entre 2,17 y 2,57 mg/L, con un promedio de 2,33 mg/L. Esto sugiere que presenta un buen estado de conservación y un impacto mínimo por vertimientos o fuentes contaminantes. En el caso del Arroyo Las Ánimas, los resultados de DQO se encuentran entre 23,9 y 31 mg/L, alcanzando un promedio de 25,44 mg/L. De acuerdo con la clasificación, estos valores corresponden a un estado de calidad aceptable.

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 forma directa, una acumulación asociada 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.

2.2.4.2. Sólidos suspendidos totales

En la Figura 21 se presenta la variación de los sólidos suspendidos totales (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 19 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.



Tabla 19. 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 82 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 (30 mg/l).

Se observa que las mayores concentraciones están en el Río Calenturitas (promedio 149,2 mg/l y máximo 887 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, y este a su vez del Río Sororia (promedio 25,2 mg/l) y del Caño Canime, 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 33,6 mg/l), que recibe al Caño Paraluz, (promedio 45 mg/l) y al caño Garrapata (promedio de 35,8 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.

Para este periodo de análisis se evidencia una leve disminución de las concentraciones de SST.

2.2.4.3. Conductividad

En la Figura 22 se presenta la variación de la conductividad 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 20 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro, y en la Tabla 21 la clasificación según el grado de mineralización

Tabla 20. Rangos asociados con concentraciones de conductividad en el agua superficial

Parámetros	Unidades	Rangos de concentración		
		Bajo	Medio	Alto
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	<100	100-200	>200

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

Tabla 21. Relación de conductividad en el agua y el grado de mineralización

Rango CE	Clasificación Mineralización
<100 $\mu\text{S/cm}$	Muy débil
100 $\mu\text{S/cm}$ < CE < 200 $\mu\text{S/cm}$	Débil
200 $\mu\text{S/cm}$ < CE < 333 $\mu\text{S/cm}$	Media
333 $\mu\text{S/cm}$ < CE < 666 $\mu\text{S/cm}$	Media acentuada
666 $\mu\text{S/cm}$ < CE < 1000 $\mu\text{S/cm}$	Importante
>1000 $\mu\text{S/cm}$	Elevada

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

Se evidencia que, en cuanto a la conductividad en los tramos analizados, se encuentran concentraciones de hasta 2860 $\mu\text{S/cm}$, con un promedio general de 462,789 $\mu\text{S/cm}$, 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 aguas residuales de origen doméstico e industrial, 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 Arroyo Garrapata, donde la mayoría de los datos están por debajo de 2780 $\mu\text{S/cm}$ y con un promedio de 1200,5 $\mu\text{S/cm}$. Sin embargo, esto no se ve reflejado aguas abajo sobre el Río Calenturitas, donde la mayoría de los datos están por debajo de 800 $\mu\text{S/cm}$ y el promedio es de 415 $\mu\text{S/cm}$, por lo que no se



considera que se esté presentando acumulación de impactos en cuanto a este parámetro. Esto puede explicarse por la dilución natural producto del incremento de caudales hacia aguas abajo, lo cual favorece la reducción en las concentraciones de conductividad eléctrica en la parte baja de la cuenca.

Por otro lado, en cuanto a las ciénagas que reciben afluentes o que están en el área de influencia de los expedientes analizados, tampoco se observa acumulación en cuanto a este parámetro. Aunque los valores son relativamente altos en algunos sectores, específicamente en la Ciénaga Mata de Palma (la mayoría de los datos están por debajo de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el promedio es de 406 $\mu\text{S}/\text{cm}$), estos son menores a los observados en el Caño Garrapata (promedio de 1724 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y similares a los del Arroyo Paraluz (promedio de 776 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

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, además, no se evidencia en la matriz agua, de forma directa, una acumulación asociada a este parámetro. Sin embargo, se considera que esto debe ser analizado de manera conjunta con los resultados de muestreos hidrobiológicos y sedimentológicos.

2.2.4.4. Sulfatos

En la Figura 23 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 22 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 22. 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 entre 1 y 2438 mg/L, con promedio de 222 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, el río Calenturitas que recibe al Río Tucuy, presenta promedios de 107 mg/l y máximo 966 mg/l, siendo este río el que presenta mayores concentraciones en este determinante, sin embargo, el análisis integrado no 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 95 mg/l), que recibe al Caño Paraluz, (máximo 622 mg/l y promedio 101 mg/l) y al caño Garrapata (máximo de 1227 mg/l y promedio 481 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.

Se observa un aumento en las concentraciones con relación al análisis de la estrategia pasada.

2.2.4.5. Oxígeno disuelto

En la Figura 24 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 23 se presentan los rangos definidos en la literatura técnica para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 23. 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 6,56 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 los tramos analizados, Se cumplió con el objetivo (4.5 mg/l) establecido por CORPOCESAR (2024) 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 5,158 mg/l, lo cual implica que no cumple con el objetivo de calidad establecido por CORPOCESAR (>4.5mg/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 aspecto normativos referentes a criterios de calidad para preservación de flora y fauna.)

En el caño Panchita, las concentraciones de oxígeno disuelto se encuentran entre 1,1 y 7,84 mg/L, con un promedio de 5,22 mg/L. Estos resultados reflejan condiciones de calidad aceptable, aunque se registran valores mínimos por debajo del límite de 4,5 mg/L establecido por CORPOCESAR (2024) para este parámetro.

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 5,34mg/l), Arroyo Garrapata (mínimo 0.68 mg/l y promedio 5.00mg/l) y arroyo Paraluz (mínimo 0.66 mg/l y promedio 5,16 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 presentan mayores niveles de oxígeno disuelto. Adicionalmente, la materia orgánica en descomposición, como hojas, plantas y animales muertos, consume oxígeno disuelto, situación frecuente en ciénagas. En el caso de los arroyos, además de las causas naturales, esta situación puede ser influenciada por descargas de aguas residuales industriales provenientes de actividades mineras y agropecuarias en la zona, cuyos componentes generan un mayor consumo de oxígeno disuelto.

En conclusión, a la luz de los datos actualizados de oxígeno disuelto, se observan condiciones de calidad entre aceptable y buena en la mayoría de los cuerpos de agua, aunque en la Ciénaga Mata de Palma y en sus afluentes Arroyos Paraluz y Garrapata, así como

en el Arroyo Las Ánimas, se han presentado de manera esporádica valores mínimos que indican condiciones de calidad mala.

2.2.4.6. Coliformes totales

En la Figura 25 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 16000000 NMP/100ml, con promedio de 6193,833 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 Arroyo San Antonio (promedio 289877 NMP/100ml y valor máximo de 16000000NMP/100ml).

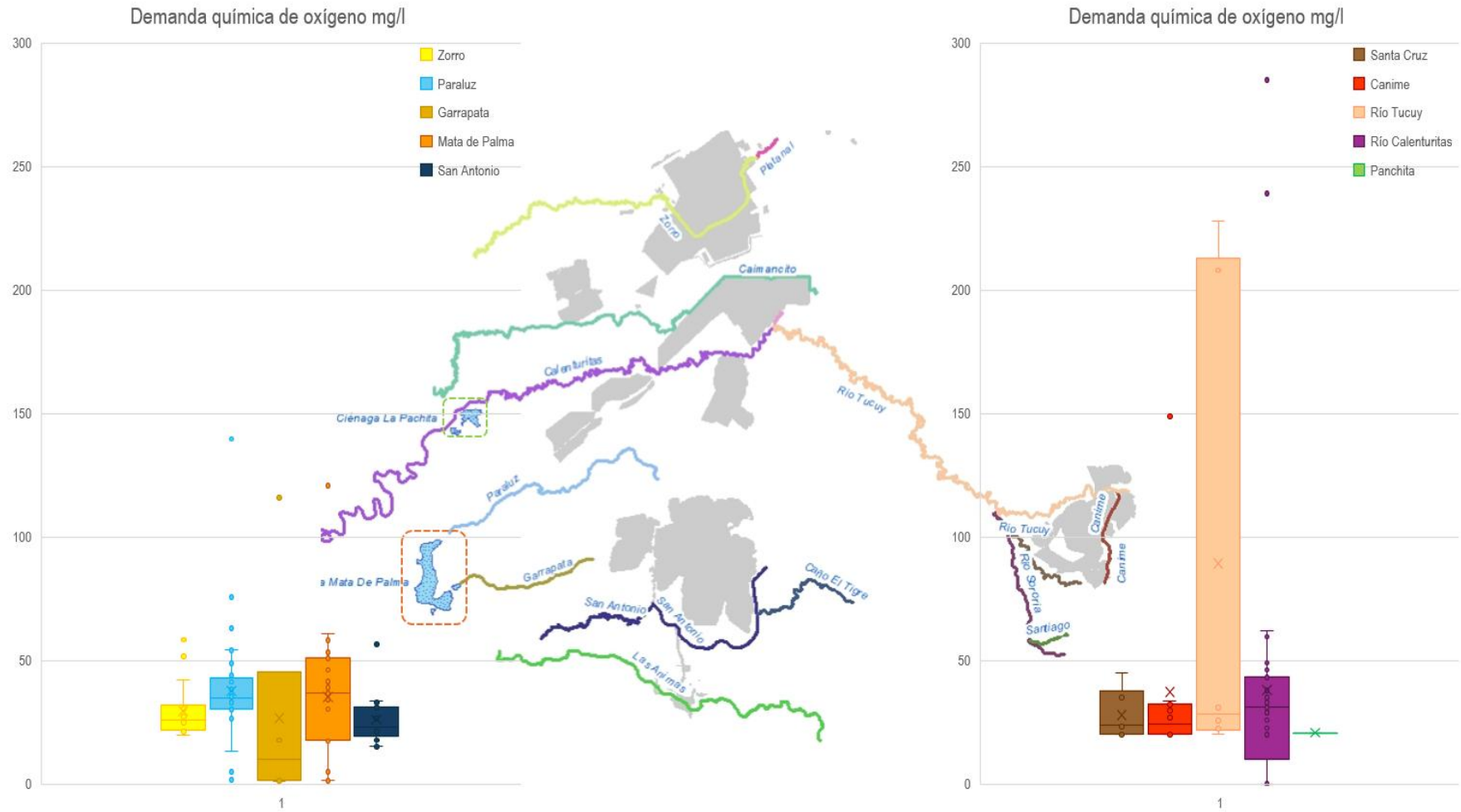
Si bien los valores reportados se consideran altos y limitan los usos del agua en la cuenca, no se observa que se esté presentando acumulación de impactos, considerando que, a pesar de que las mayores concentraciones (a nivel de promedios) se presentan en el Río Calenturitas, no se observa incremento en los resultados, donde los valores están en el mismo orden de magnitud del promedio general (2,608 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 no se dispone de datos suficientes en esta revisión, aunque anteriormente presentaba los promedios más bajos.

En conclusión, se observan impactos sobre la calidad del agua para los cuerpos analizados en cuanto al parámetro de coliformes totales, dado que los resultados indican limitaciones 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 acumulación en el agua, ya que no se presenta incremento de concentraciones hacia aguas abajo ni en las ciénagas del área de influencia de los expedientes mineros.

Se observa un incremento de las concentraciones con relación al análisis de la estrategia de 2024.

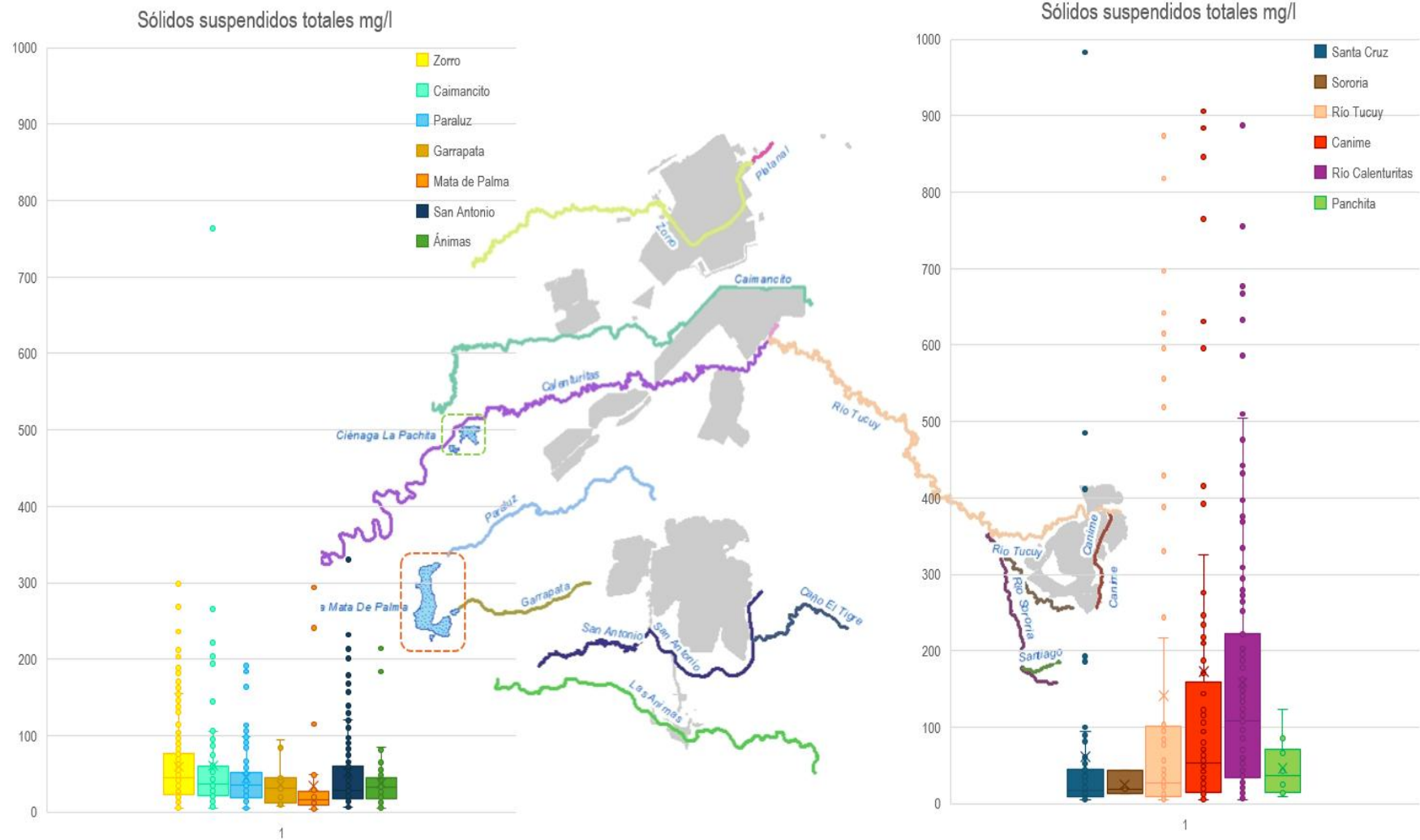
Figura 20. Variación de la demanda química de oxígeno en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2025.



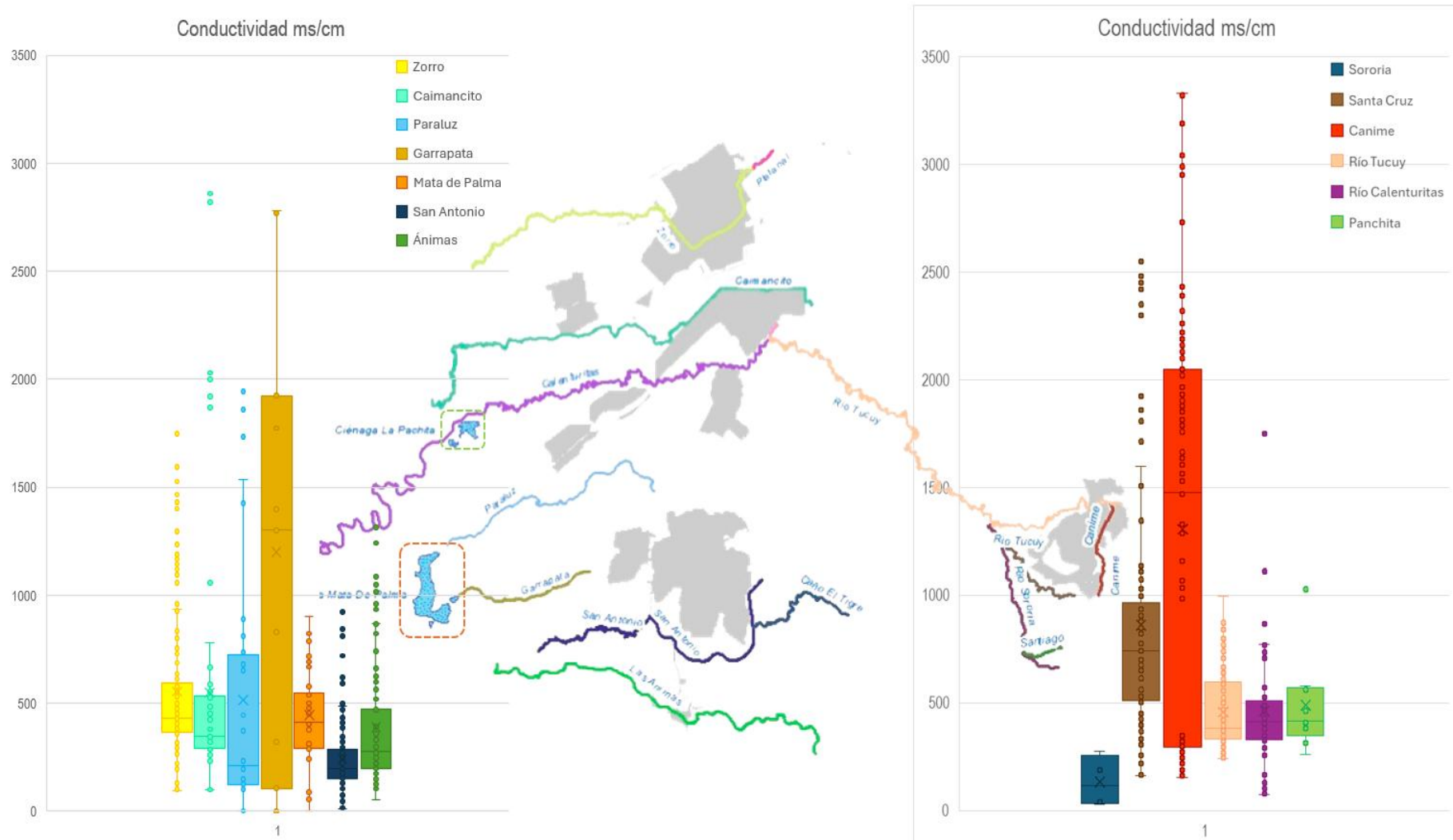
Figura 21. Variación de los sólidos suspendidos totales en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2025.



Figura 22. Variación de la conductividad en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2025



Figura 23. Variación de los sulfatos en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar

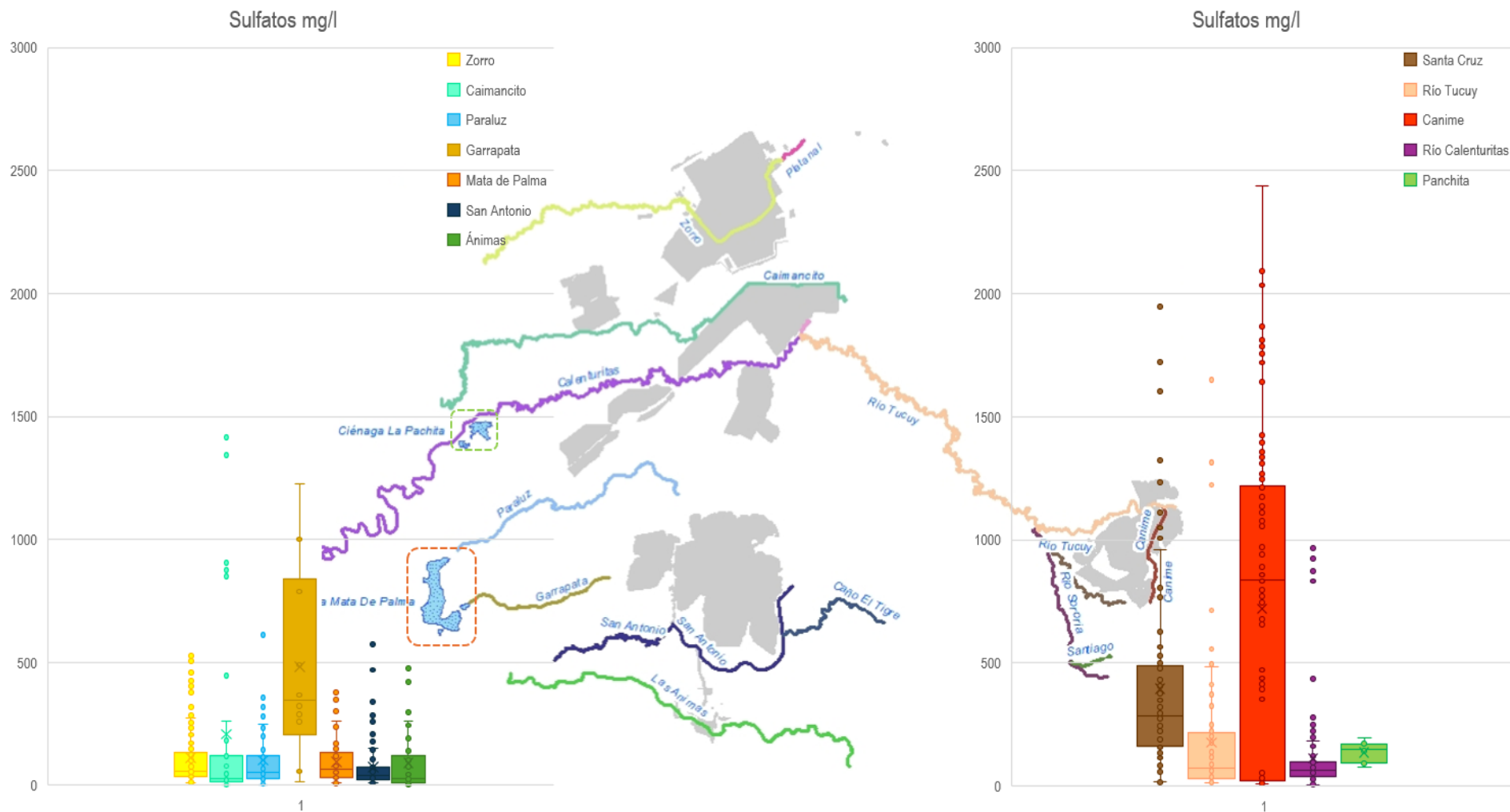




Figura 24. Variación del oxígeno disuelto en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar

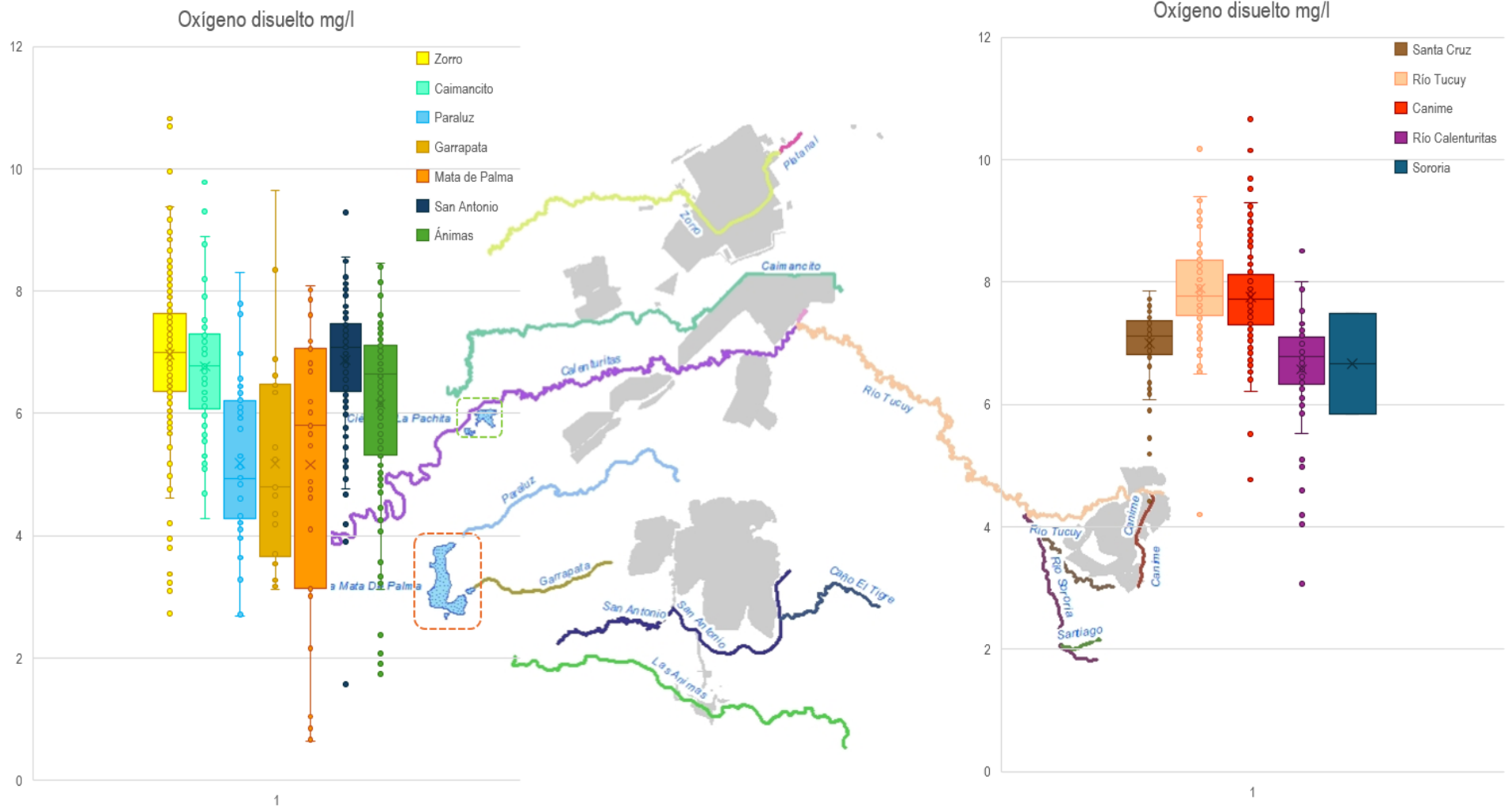
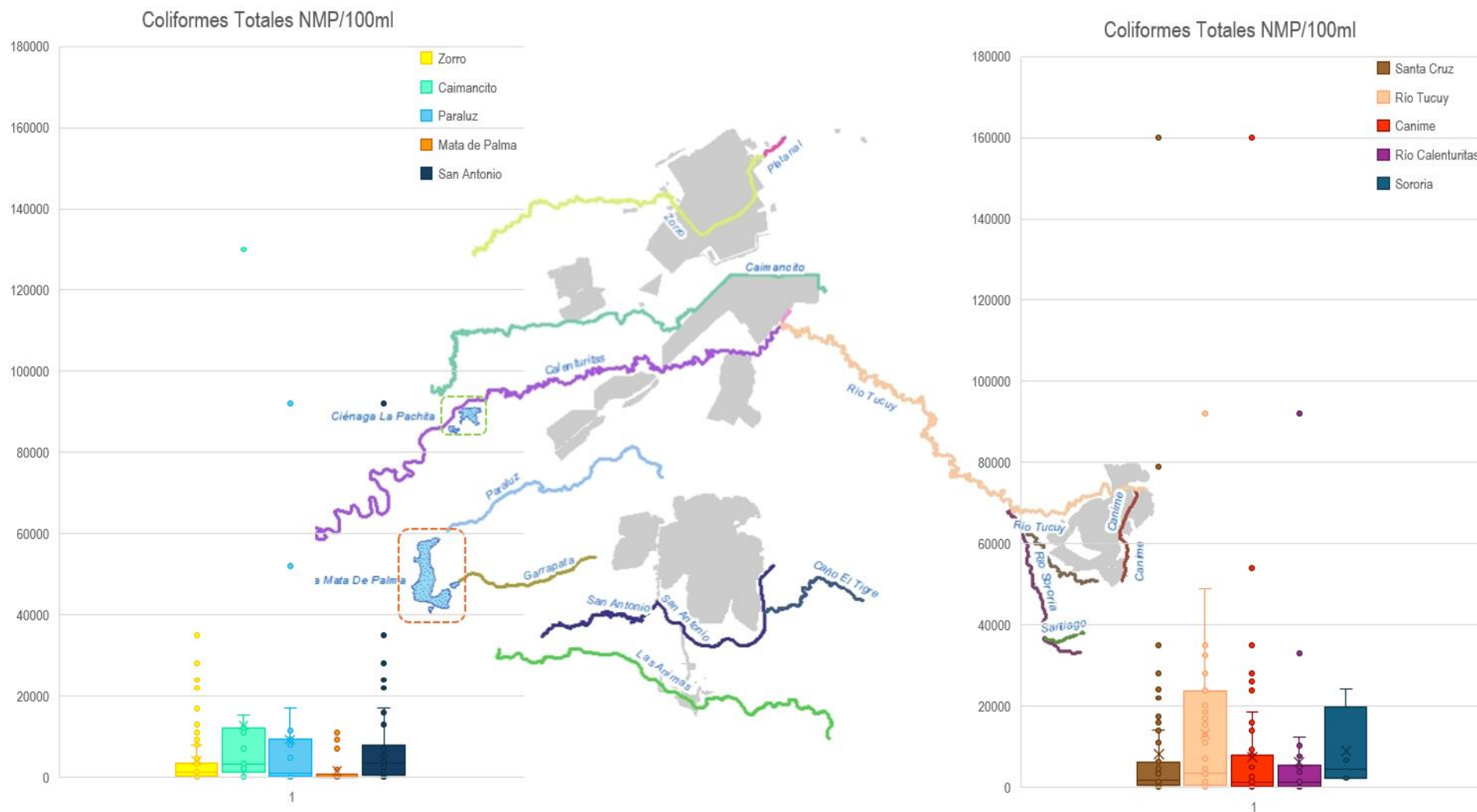




Figura 25. Variación de los coliformes totales en los cuerpos de agua de la Zona Minera del Cesar



Fuente: ANLA, 2025

3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Conclusiones técnicas por cuerpo de agua de la red regional de monitoreo

3.1.1 Río Calenturitas

Se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: DBO, DQO, grasas y aceites, hierro, nitritos y sólidos suspendidos totales 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 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 149,179mg/l y máximo 887 mg/L), sin embargo, frente al análisis del anterior informe se evidencia una disminución considerable de la concentración del determinante.

En cuanto a la tendencia, en los parámetros coliformes totales y fecales y DQO se observa tendencia decreciente, mientras que los Nitratos y Nitritos respecto al año anterior presentaron un incremento, lo cual podría estar indicando un mayor aporte de fuentes de contaminación asociadas a residuos orgánicos o actividades agrícolas. En los demás casos no se observa tendencia definida.

3.1.2 Caño Santiago - Río Sororia

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

De manera general, se observa una tendencia decreciente en parámetros como Coliformes Fecales, sólidos suspendidos totales y turbidez; por otra parte, se pudo observar incrementos sutiles en las concentraciones de parámetros como: Alcalinidad, Coliformes totales, conductividad, DBO y pH, sin embargo, en la mayoría de los casos estos incrementos no superan el máximo histórico reportado; el resto de los parámetros se mantuvo dentro de las tendencias históricas.

Es pertinente mencionar que no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

3.1.3 Ciénaga la Panchita

Se destacan valores altos en coliformes, DQO y Sólidos suspendidos totales, los cuales sobrepasan el límite establecido por el objetivo de calidad. De manera general, se observa una tendencia decreciente en parámetros como Conductividad eléctrica y fósforo total; por otra parte, se pudo observar incrementos sutiles en las concentraciones de parámetros como: Cloruros, Coliformes fecales, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y sulfatos, en la mayoría de los casos estos incrementos superan el máximo histórico reportado y se señala que no se realiza el análisis tendencial por la poca cantidad de datos reportados.

3.1.4 Caño Platanal – El Zorro

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: DQO y sólidos suspendidos, respecto a la media. En cuanto a los valores mínimos y máximos se incumple con los parámetros coliformes (totales y fecales), DBO, DQO, Hierro, Nitritos, Oxígeno disuelto y Sólidos suspendidos totales.

3.1.5 Caño Caimancito

Respecto a los resultados actualizados para los años 2023 y 2024, se mantiene el incumplimiento de los objetivos de calidad en los parámetros Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Grasas y Aceites y Sólidos Suspendidos Totales en relación con los valores promedio.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia arrojó tendencia creciente para el hierro y oxígeno disuelto, y una ligera disminución de los valores de sólidos totales.

3.1.6 Arroyo Paraluz

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros Coliformes Fecales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Grasas y Aceites, y Sólidos Suspendidos Totales.

En cuanto a los incrementos en sus concentraciones en el tiempo sobre este afluente el análisis de tendencia arrojó tendencia creciente para: Conductividad, grasas y aceites, nitratos y nitritos.

3.1.7 Arroyo Garrapata

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: DQO, nitritos y sólidos suspendidos totales respecto a la media.

Se pudo observar una tendencia creciente de los datos creciente en parámetros como Acidez total, conductividad, sólidos disueltos y totales, sulfatos, sulfuros y turbidez, por lo que se

recomienda continuar monitoreando estos parámetros en aras de esclarecer si la información corresponde a eventos generalizados.

3.1.8 Ciénaga Mata de Palma

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: DQO y sólidos suspendidos totales respecto a la media.

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 arrojó una tendencia creciente en la conductividad.

3.1.9 Arroyo San Antonio

En cuanto a este afluente se presenta incumplimiento de los objetivos de calidad para los parámetros: Coliformes Fecales, Coliformes Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales.

En el Arroyo San Antonio se observan las mayores concentraciones de coliformes totales (promedio 289877 NMP/100ml y máximo 16000000 NMP/100ml), de los cuerpos de agua analizados en la zona minera del Cesar.

Se evidencia una mejora general en varios parámetros como grasas y aceites, oxígeno disuelto y sulfatos, aunque persisten puntos críticos asociados a la carga microbiológica y material particulado en suspensión.

3.1.10 Arroyo las Ánimas

Se observa incumplimiento de los objetivos de calidad Coliformes (totales y fecales), DQO, Nitritos, Oxígeno disuelto y sólidos suspendidos.

En cuanto a la tendencia, en los parámetros SST, conductividad, se observa tendencia creciente, en los demás casos no se observa tendencia definida.

3.2 Conclusiones Integradas Regionales

Con el presente análisis se buscó identificar las tendencias espaciales y temporales en la concentración de los parámetros fisicoquímicos del agua, a partir de los datos obtenidos en los monitoreos realizados entre los años 2020 y 2024. Dichos datos fueron reportados por las empresas mineras en el marco de sus respectivos Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA), y corresponden a los cuerpos de agua que actúan como receptores de vertimientos. Los datos correspondientes a 2024 han sido reportado en el marco de la estrategia de monitoreo regional.

El análisis se centró exclusivamente en la matriz de agua y en los parámetros fisicoquímicos disponibles, por lo cual se reconoce una limitación en el alcance del estudio, al no incluir información sobre la calidad de los sedimentos ni sobre variables biológicas. Se espera que, con la incorporación de futuros resultados provenientes del monitoreo hidrobiológico y de sedimentos en el marco de la estrategia regional, sea posible complementar y ampliar este diagnóstico. Esto permitirá evaluar con mayor profundidad los posibles efectos acumulativos y sinérgicos de las actividades mineras, agrícolas y pecuarias en los cuerpos de agua analizados, incluyendo impactos sobre la biota acuática y la posible presencia de metales pesados en el fondo sedimentario.

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 (2024), 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.

Respecto a la Demanda Química de Oxígeno (DQO), si bien los resultados reflejan impactos sobre la calidad del agua —concentraciones que oscilan entre niveles aceptables y regulares, registrando un valor máximo de 285 mg/L y un promedio general de 37,514 mg/L—, estos valores podrían estar vinculados a actividades antrópicas presentes en la zona, como la minería, la agricultura y otras fuentes difusas de contaminación. Aunque no se evidencia una acumulación progresiva del parámetro en cuerpos de agua como ciénagas ni en el tramo inferior de la cuenca, en la mayoría de los puntos de monitoreo se identifica una tendencia creciente en las concentraciones, lo que sugiere una posible influencia directa de las cargas contaminantes aguas arriba. No obstante, este incremento no se mantiene hacia los tramos finales, donde parece haber un efecto de dilución natural, posiblemente asociado al aumento de caudales por escorrentía, favoreciendo la dispersión de contaminantes y reduciendo las concentraciones aguas abajo.

En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), se evidencian impactos sobre la calidad del agua, de acuerdo con la literatura técnica consultada, los resultados de los SST indican altos niveles de alteración (máximo de 887 mg/l y promedio de 149,179 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. Aunque a nivel temporal se observa una leve disminución en las concentraciones durante el periodo analizado (2020 – 2024), el análisis espacial muestra una

tendencia creciente en varios tramos, especialmente en la cuenca del río Calenturitas, donde se presenta acumulación del parámetro asociada a vertimientos mineros, fuentes difusas y arrastre de sedimentos. En las ciénagas y otros cuerpos de agua fuera de esta cuenca no se evidencia dicho comportamiento.

En relación con los metales, no metales, metaloides y iones, en la mayoría de los casos las concentraciones reportadas se encontraron por debajo de los límites de detección del laboratorio. En cuanto a los sulfatos, se evidencian impactos sobre la calidad del agua, con concentraciones que, en general, se sitúan en rangos altos (máximo de 2438 mg/l y promedio de 222 mg/l), según la literatura consultada. Si bien el análisis espacial muestra que no se presenta una tendencia de acumulación hacia aguas abajo, ni en los cuerpos lóticos ni en las ciénagas, a nivel temporal se observa un incremento en las concentraciones en comparación con el periodo anterior. Las mayores concentraciones se localizan en el Arroyo Garrapata, probablemente asociadas a vertimientos mineros o por fuentes difusas derivadas de actividades agrícolas y pecuarias, o incluso condiciones geológicas naturales del área.

Los resultados de conductividad indican impactos importantes sobre la calidad del agua, con concentraciones que se sitúan en niveles altos de concentración y mineralización elevada (hasta 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con promedio de 644 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No obstante, a pesar de estos valores altos en ciertos puntos como el Caño Garrapata y el Caño Canime, no se evidencia acumulación hacia aguas abajo ni en los cuerpos lóticos ni en las ciénagas, lo cual puede estar asociado a fenómenos naturales de dilución por aumento del caudal. Dada la magnitud de las concentraciones observadas, se recomienda complementar este análisis con información hidrobiológica y de sedimentos para una evaluación más integral del estado de los cuerpos de agua.

En cuanto al oxígeno disuelto, los resultados en general estuvieron entre mínimo 0,63 y promedio de 5,31 mg/l, lo cual indica que en general se cumple con el objetivo de calidad establecido a nivel de promedios ($>4,5$ mg/L). No obstante, se han registrado valores mínimos por debajo de este umbral en cuerpos como la Ciénaga Mata de Palma (0,63 mg/L), y en sus afluentes los arroyos Paraluz, Garrapata y Las Ánimas, lo cual indica que, si bien los promedios se ubican en rangos aceptables y cumplen con los criterios del Decreto 1076 de 2015 para la preservación de flora y fauna (>4 mg/L), también existen episodios puntuales de calidad deficiente. Estas condiciones pueden estar relacionadas con la reducción de las velocidades en los cuerpos lénticos, menor tasa de intercambio gaseoso en cuerpos lénticos, presencia de materia orgánica en descomposición o la influencia de descargas residuales industriales y agropecuarias, por lo que, se recomienda realizar un seguimiento detallado en estos puntos para evaluar posibles impactos acumulativos.

Por último, se observan impactos sobre la calidad del agua para cuerpos de agua analizados en cuanto al parámetro coliformes totales (máximo 16000000 NMP/100ml, con promedio de 493905 NMP/100ml), reflejado en un incremento importante con respecto a evaluaciones

previas superando ampliamente los valores reportados en la estrategia de monitoreo anterior, donde el máximo era de 160000 NMP/100 mL con un promedio de 8455 NMP/100 mL. Las mayores concentraciones promedio se registran en el Arroyo San Antonio (493905 NMP/100 mL). A pesar de estas cifras, no se observa un patrón claro de acumulación progresiva aguas abajo, como en el río Calenturitas (2608 NMP/100 mL), ni en las ciénagas aledañas a las actividades mineras, donde las concentraciones no han mostrado aumentos sostenidos.

Finalmente se concluye que, si bien en términos generales no se evidencia una acumulación sistemática de contaminantes aguas abajo en la mayoría de los cuerpos hídricos, sí se identifican impactos relevantes sobre la calidad del agua en múltiples puntos monitoreados, con especial afectación en determinados cuerpos de agua. En particular, el **río Calenturitas** presenta una acumulación evidente de sólidos suspendidos totales, así mismo, se registran altas concentraciones de sulfatos y conductividad eléctrica en cuerpos como el **caño Garrapata**, lo que sugiere condiciones de mineralización elevada posiblemente asociadas a descargas de origen minero, agrícola o a características geológicas naturales del área. También se registran eventos puntuales de calidad deficiente en cuanto a oxígeno disuelto en la **ciénaga Mata de Palma** y en afluentes como los arroyos **Paraluz, Garrapata y Las Ánimas**, los cuales pueden afectar la hidrobiota local.

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

En cuanto a la información presentada, el expediente LAM1203 ha presentado la información por el portal de manera incompleta, se recomienda para el seguimiento realizar el requerimiento al titular de la licencia radicar la información con los ajustes pertinentes.

El expediente LAM2622 ha presentado la información por el portal de manera incompleta, se recomienda para el seguimiento realizar el requerimiento al titular de la licencia radicar la información con los ajustes pertinentes.

El expediente LAM3831 no ha presentado la información por el portal, se recomienda para el seguimiento realizar el requerimiento al titular de la licencia, en aras de que se radique la información con los ajustes pertinentes.

Para los expedientes LAM3271 y VAR0032 realizar requerimientos con respecto a los parámetros Carbono orgánico, fenoles, nitrógeno amoniacal, ortofosfatos, sólidos disueltos, sólidos totales ni sulfuros los cuales hacen parte de la estrategia y no se encontraron dentro del reporte.



Para los expedientes LAM2622, LAM3271 y LAM1862 en el seguimiento hacer énfasis en el análisis de los sólidos suspendidos totales verificando las condiciones aguas arriba y aguas debajo de los vertimientos, ya que no se presentan incumplimientos con respecto a la Resolución 631 de 2015.

Para del arroyo Paraluz, en el cual tienen presencia los expedientes VAR0032, LAM3199, LAM2622, LAM0027 y LAM1862, se recomienda la revisión de los valores de cadmio y cianuro, con respecto a los vertimientos.

Para el expediente LAM3199 en el seguimiento hacer énfasis en el análisis de los valores de la conductividad en cuanto a los vertimientos, verificando los valores de aguas arriba ya que para este parámetro no hay límites permisibles para los vertimientos.

Revisar la concentración de hierro para los expedientes LAM2622 en el corriente caño Caimancito, LAM3271 en las corrientes Arroyo Paraluz, Arroyo Garrapata y Caño el Zorro y LAM0027 en la ciénaga Mata de Palma, en donde superó el objetivo de calidad.

Se recomienda para los expedientes del área realizar análisis temporal y espacial de las variables conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, y parámetros microbiológicos 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 LAM1862. Para el Caño Caimancito expediente LAM2622. Para el arroyo Paraluz expedientes: LAM1862 y LAM0027. Para arroyo Garrapata expediente LAM0027. Para el Arroyo las Ánimas expediente LAM3271. 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.

Finalmente, se concluye a partir del análisis integrado de los resultados fisicoquímicos presentados por parte de los diferentes expedientes asociados a la estrategia de monitoreo regional, esta Autoridad Ambiental identifica alteraciones sobre la calidad del recurso hídrico en distintas fuentes, evidenciando concentraciones significativas como la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), conductividad eléctrica, sulfatos y coliformes totales. No obstante, con base en los patrones espaciales observados, no se configura como un comportamiento acumulativo hacia aguas debajo de las fuentes receptoras de vertimientos, lo que sugiere la influencia de procesos de dilución relacionados con actividades naturales del medio.

En consecuencia, si bien no se establece una acumulación generalizada de contaminantes en la matriz agua, se recomienda que los resultados sean complementados con los análisis hidrobiológicos y sedimentológicos, con el fin de identificar posibles efectos sinérgicos o

acumulativos que puedan comprometer el equilibrio ecosistémico en el área de influencia del proyecto.

Teniendo en cuenta que solo se tuvo en cuenta resultados de parámetros fisicoquímicos en la matriz agua, debido a que solo 2 expedientes presentaron la información actualizada, se recomienda para los análisis futuros robustecer e incluir los monitoreos hidrobiológicos y en la matriz de sedimentos, 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.

4 BIBLIOGRAFIA

- [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.] ANLA.2024. Estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico superficial en la Zona Minera del Centro del Departamento del Cesar - aplicación fase IV – análisis de datos. Bogotá
- [4.] 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”*
- [5.] 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.
- [6.] Rodier J, Legube B, Merlet N. 2010. Análisis del agua. Barcelona.
- [7.] Roldan G, Ramírez J. 2008. Fundamentos de limnología Neotropocal. Rionegro.
- [8.] Tarradellas, J.,2006. Red de Calidad del Agua de los Ríos de Colombia. Lausanne.

5 ANEXOS

5.1 Anexo 1

[Anexo 1. Ordenes judiciales y sancionatorios.xlsx](#)

5.2 Anexo 2

[Anexo 2. Coordenadas Red ZMC2023.xls](#)