



Autoridad Nacional
de Licencias Ambientales



INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ALTO SAN JORGE

DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

ESTRATEGIAS DE MONITOREO

APLICACIÓN FASE IV – ANÁLISIS DE DATOS

SEPTIEMBRE *2024*

Rodrigo Elías Negrete Montes
Director General

Luis Enrique Orduz Valencia
**Subdirector Instrumentos
Permisos y Trámites
Ambientales**

Camilo Andrés Bernal Forero
Coordinador
**Grupo de Regionalización
y Centro de Monitoreo**

Jairo Alberto Ruíz López
Líder de
Implementación Regional

Gloria Patricia Moscote Ordoñez
Líder temático
Componente Hídrico Superficial

Ludy Nataly Forero Gómez
Profesional
Componente Hídrico Superficial



Tabla de Contenido

I. Introducción	3
II. Descripción de la Estrategia de Monitoreo Regional.....	5
III. Información disponible para el análisis regional	9
IV. Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial.....	10
4.1. Río San Jorge	14
a. Conductividad eléctrica.....	16
b. Temperatura.....	18
c. Potencial de hidrógeno (pH)	19
d. Oxígeno disuelto.....	21
e. Sólidos Suspendidos Totales - SST	22
f. Turbidez	24
g. Dureza total.....	26
h. Metales	27
3.2. Río San Pedro	32
3.3. Río Uré	34
a. Conductividad eléctrica.....	37
b. Temperatura.....	38
c. Potencial de hidrógeno (pH)	39
d. Oxígeno disuelto.....	40
e. Sólidos suspendidos totales (SST).....	41
f. Turbidez	42
g. Dureza total.....	42
h. Metales	43
V. CONCLUSIONES	49



I. Introducción

La línea temática denominada **Estrategias de monitoreo regional** del Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de ANLA, es una acción que promueve la interoperabilidad de la información de componentes ambientales específicos, en función de unificar criterios en la captura, análisis y reporte de datos de los recursos naturales, facilitando de esta manera el análisis regional y la actualización de línea base. La aplicación de estas estrategias ha sido priorizada para áreas del país que se consideran potenciales escenarios para la acumulación y sinergia de impactos con base en tres aspectos: i. Áreas del territorio nacional que concentran proyectos de competencia de ANLA. ii. Áreas en las cuales se identifica una alta presión sobre los recursos naturales por actividades económicas exentas de Licenciamiento Ambiental, usualmente nodos del desarrollo de sectores económicos. iii. Áreas en las cuales se identifica una alta sensibilidad ambiental (oferta crítica de recursos naturales, escenarios afectados por ocasión del cambio climático, elementos del medio de alto valor ambiental).

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

- Fase I: Se realiza la selección de los proyectos de mayor complejidad de la región, definidos a partir de la revisión conjunta con la Subdirección de Seguimiento de Licencias Ambientales y se formulan las condiciones de tiempo, modo y/o lugar en la región seleccionada.
- Fase II: El grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo participa en el seguimiento ambiental de los proyectos seleccionados para la implementación de la estrategia de monitoreo.
- Fase III: Se acogen los requerimientos formulados en los conceptos técnicos mediante actos administrativos que imponen nuevas obligaciones de monitoreo de los recursos naturales a cada uno de los proyectos seleccionados
- Fase IV: En cumplimiento de las nuevas obligaciones, los usuarios remiten datos periódicos del monitoreo de recursos naturales según la metodología estandarizada para cada región y componente.

Adicionalmente se integra la información producida por actores del sector ambiente como los datos monitoreados y procesados por los institutos adscritos al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Una de las regiones priorizadas para la implementación de las líneas temáticas de Regionalización y Centro de Monitoreo es la cuenca hidrográfica del Alto San Jorge, en el departamento de Córdoba, entre los municipios de Montelíbano y Puerto Libertador principalmente, y fracciones de área que coinciden con los municipios de Tarazá, Planeta Rica e Ituango, un área con importantes recursos minerales como el carbón, el oro y el ferroníquel (Corporación Autónoma Regional del Valle del Sinú y el San Jorge (CVS), 2005).





El área se consideró también de alta presión, dado que datos de calidad hídrica que fundamentaron la Sentencia de Consejo de Estado T-733 de 2017, demostraron la existencia de concentraciones de hierro y níquel en el río Uré, caño Zaino y quebrada El Tigre.

Cabe resaltar que a este documento preceden otros análisis regionales elaborados por ANLA como *Reporte de Alertas de las subzonas hidrográficas del río Sinú y Alto San Jorge* (2019), *Modelación área regionalizada Alto San Jorge* (2021), *Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la subzona hidrográfica del Alto San Jorge – Departamento de Córdoba* (2022), *Análisis de información Estrategia de Monitoreo de la subzona hidrográfica del Alto San Jorge – años 2021 y 2022* (2023).

Por otra parte, la CVS expidió la *Resolución 26969 del 20 de enero de 2020* “Por medio de la cual se adoptan los objetivos de calidad para el río Sinú, río San Jorge y río Canalete – período 2020 y 2029” estableció la meta dispuesta para 2 años, 5 años y 10 años.

Este documento presenta el análisis de los datos radicados por los dos (2) proyectos competencia de ANLA que cuentan con permisos de uso y aprovechamiento de recurso hídrico superficial en el área de estudio, cuyos monitoreos del recurso hídrico tienen ventana temporal de 2005 a 2022. No obstante, la disponibilidad de datos no es la misma para cada punto de monitoreo ni para cada parámetro, es precisamente esta razón la que fundamenta la implementación de la estrategia de monitoreo regional.





II. Descripción de la Estrategia de Monitoreo Regional

La Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca hidrográfica del Alto San Jorge constituye un proceso de cuatro (4) fases que deriva en la operación de un esquema de monitoreo configurado como red, en consideración a que sus condiciones de tiempo, modo y lugar fueron planeadas en función de un objetivo común como lo es el fortalecimiento en el levantamiento de datos e información para identificación de impactos acumulativos.

Por su parte, la identificación de impactos acumulativos en el componente hídrico superficial requiere como mínimo, un seguimiento sistemático de la dinámica del recurso que contemple su variación mensual multitemporal enmarcada en el régimen hidrológico, es decir, en la variación de oferta del recurso intra-anual, de las corrientes hídricas sobre las cuales esta Autoridad ha otorgado permisos de aprovechamiento, ya sean permisos de captación, permisos de ocupación de cauces o permisos de vertimiento a cuerpos de agua superficiales.

El análisis integrado de la información que se captura en los tramos priorizados dentro de las corrientes hídricas seleccionadas en la cuenca del Alto San Jorge como son el cauce principal río San Jorge, río San Pedro, río Ure, quebrada San Antonio, quebrada El Tigre y caño Zaino, conforman una base de datos histórica cuyo alcance de análisis incluye las características fisicoquímicas que predominan en la red hidrográfica intervenida por el Licenciamiento Ambiental, y que deben ser de especial atención en los procesos de evaluación y seguimiento ambiental. No obstante, estos datos tienen el potencial de constituir el insumo para análisis a diferentes escalas, por ejemplo, su integración al seguimiento de cada proyecto; en la ocurrencia de una contingencia para identificar las condiciones del recurso previas al evento; para los proyectos más antiguos cuya caracterización de línea base es susceptible de actualización y finalmente, en la prospectiva del recurso, constituyendo el insumo para la modelación de múltiples escenarios.

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





Tabla 1. Proyectos que reportan información en el marco de la implementación de la Estrategia de monitoreo

EXPEDIENTE	TITULAR INSTRUMENTO DE CONTROL Y MANEJO	PROYECTO	SECTOR	ACTO ADMINISTRATIVO DE IMPOSICIÓN DE ESTRATEGIA DE MONITOREO
LAM4656	GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A E.S.P.	CENTRAL TÉRMICA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A CARBÓN COMO COMBUSTIBLE PRINCIPAL ¹	Energía	Res. 01242 del 23/07/2020 y ratificada por Res. 01644 del 05/10/2020.
LAV0002-00-2020	CERRO MATOSO S.A.	EXPLOTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE FERONÍQUEL CERRO MATOSO S.A. - SOLICITUD DE LICENCIA AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE FERONÍQUEL CERRO MATOSO S.A. ²	Minería	Res. 1878 del 23/11/2020- ANLA

Fuente: ANLA 2024.

¹En adelante, Central Térmica GECELCA

²En adelante, Mina CMSA

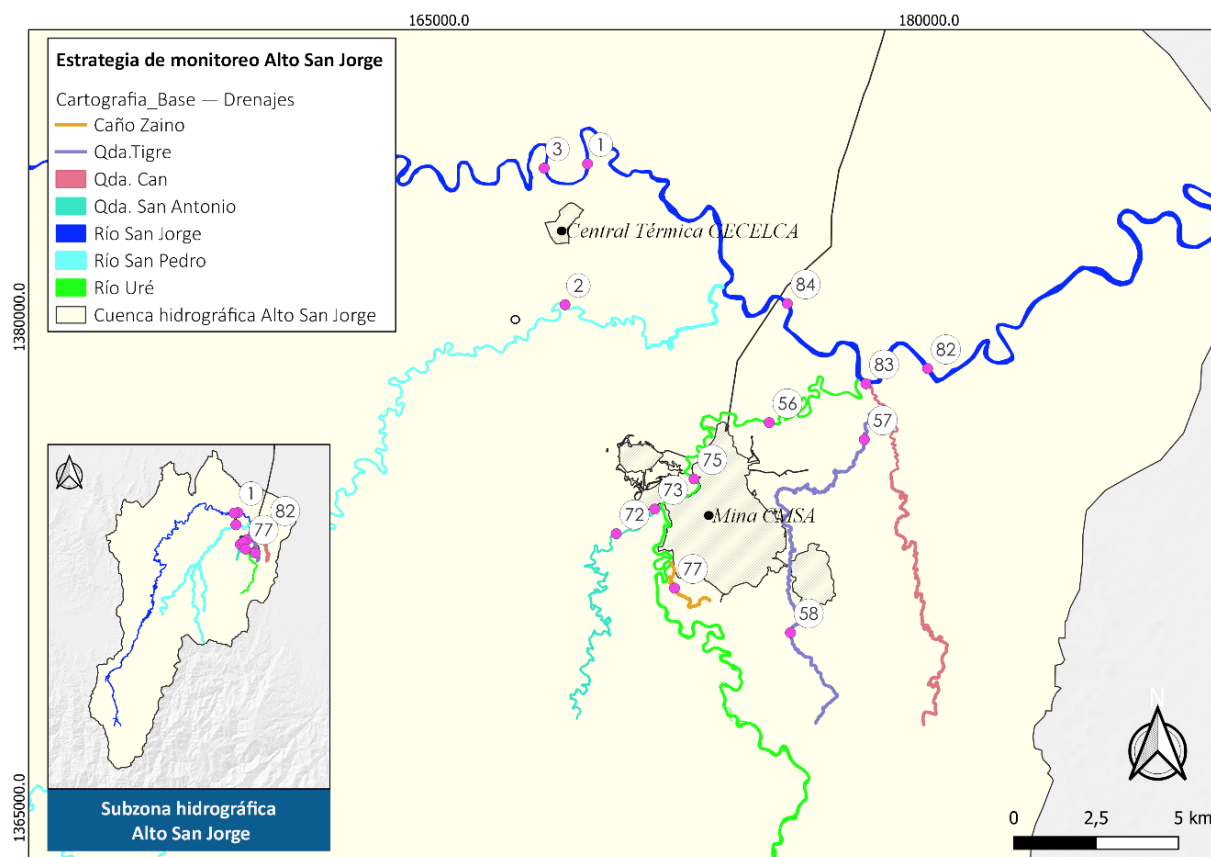
A continuación, se presentó la localización, parámetros y demás condiciones establecidas en la estrategia de monitoreo regional.

Ficha técnica de aplicación de la estrategia de monitoreo

Condición de Lugar:
Localización de puntos de monitoreo



Figura 1. Puntos que conforman la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del Alto San Jorge



Fuente: ANLA, 2024.

La red de monitoreo regional del Alto San Jorge para el componente hídrico superficial está estructurada con 13 puntos de monitoreo. Su georreferenciación se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2. Puntos que conforman la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del Alto San Jorge

ID_FIG	ID ANLA	FUENTE HIDRICA	ESTE	NORTE	EXPEDIENTE
1	MSP-LAM4656-0001	Rio San Jorge	4714653.7	2443548.8	LAM4656
2	MSP-LAM4656-0002	Rio San Pedro	4714023.2	2439270	LAM4656
3	MSP-LAM4656-0003	Rio San Jorge	4713338.6	2443403	LAM4656
56	MSP-LAV0002-00-2020-0056	Rio Ure - A.Ab. Mina - Pte PtoLibertador	4720262.7	2435772.3	LAV0002-00-2020
75	MSP-LAV0002-00-2020--0075	Rio Ure - A.A. Mina MEP	4718000.52	2434034.45	LAV0002-00-2020
57	MSP-LAV0002-00-2020--0057	Quebrada El Tigre - A.Ab mina	4723157.0	2435293.9	LAV0002-00-2020



58	MSP-LAV0002-00-2020--0058	Quebrada El Tigre - A.Ar mina	4720982.1	2429411.4	LAV0002-00-2020
72	MSP-LAV0002-00-2020--0072	San Antonio - A.Ar mina	4715659.5	2432348.8	LAV0002-00-2020
73	MSP-LAV0002-00-2020--0073	San Antonio - A.Ab mina	4716822.3	2433109.6	LAV0002-00-2020
77	MSP-LAV0002-00-2020--0077	Caño Zaino - A.Ab	4717448.0	2430719.4	LAV0002-00-2020
82	MSP-LAV0002-00-2020--0082	Despues de la desembocadura de Q. Can	4725051.4	2437465.6	LAV0002-00-2020
83	MSP-LAV0002-00-2020--0083	Antes de la desembocadura de Q. Can	4723182.4	2436985.5	LAV0002-00-2020
84	MSP-LAV0002-00-2020--0084	Antes desembocadura rio Ure	4720770.0	2439387.5	LAV0002-00-2020

Fuente: ANLA 2024

ID_ANLA: Código del punto de monitoreo establecido por ANLA para el presente análisis.

ID_FIG: Abreviación del ID_ANLA para mapa, hace referencia a los últimos dos números de cada código.

Condición de Tiempo:

Periodicidad del monitoreo

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

	Monitoreo en época de bajos caudales
	Monitoreo en época de lluvia

Reporte de datos:

Se ha establecido que la entrega de información se debe realizar como máximo tres (3) meses posteriores a la fecha de monitoreo, de acuerdo con el siguiente cronograma.

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

Fuente: ANLA 2024.

Para los puntos asociados al LAV0002-00-2020 se estableció reporte de datos en cada Informe de Cumplimiento Ambiental, sobre el particular anualmente.



Condición de Modo:

Parámetros de monitoreo

Generales: Caudal, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, turbidez, dureza total.

Metales y metaloides en agua: arsénico, cobalto, cromo, hierro, níquel, mercurio, manganeso.

Metales en sedimentos: arsénico, cobalto, cromo, hierro, níquel, mercurio, manganeso.

III. Información disponible para el análisis regional

Con respecto a la información disponible para el análisis, de acuerdo con lo consignado en el Sistema de Información de Licencias Ambientales (SILA) de la ANLA con corte al 15 de marzo de 2024 se obtuvo lo siguiente

Tabla 3. Información disponible para análisis de la estrategia de monitoreo regional de recurso hídrico superficial

No.	ID ANLA	FUENTE HIDRICA	EXPEDIENTE	DISPONIBILIDAD
1	MSP-LAM4656-0001	Rio San Jorge	LAM4656	Octubre de 2022
2	MSP-LAM4656-0002	Rio San Pedro	LAM4656	Octubre de 2022
3	MSP-LAM4656-0003	Rio San Jorge	LAM4656	Octubre de 2022
56	MSP-LAV0002-00-2020-0056	Rio Ure - A.Ab. Mina - Pte Pto Libertador	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
76	MSP-LAV0002-00-2020--0075	Rio Ure - A.Ar. Mina MEP	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
57	MSP-LAV0002-00-2020--0057	Quebrada El Tigre - A.Ab mina	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
58	MSP-LAV0002-00-2020--0058	Quebrada El Tigre - A.Ar mina	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
72	MSP-LAV0002-00-2020--0072	Quebrada San Antonio — A.Ar mina	LAV0002-00-2020	2005 — 2021





73	MSP-LAV0002-00-2020--0073	Quebrada San Antonio - A.Ab mina	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
77	MSP-LAV0002-00-2020--0077	Caño Zaino - A.Ab	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
82	MSP-LAV0002-00-2020--0082	Después de la desembocadura de Q. Can	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
83	MSP-LAV0002-00-2020--0083	Antes de la desembocadura de Q. Can	LAV0002-00-2020	2005 - 2021
84	MSP-LAV0002-00-2020--0084	Antes desembocadura río Ure	LAV0002-00-2020	2005 - 2021

Fuente: ANLA 2024.

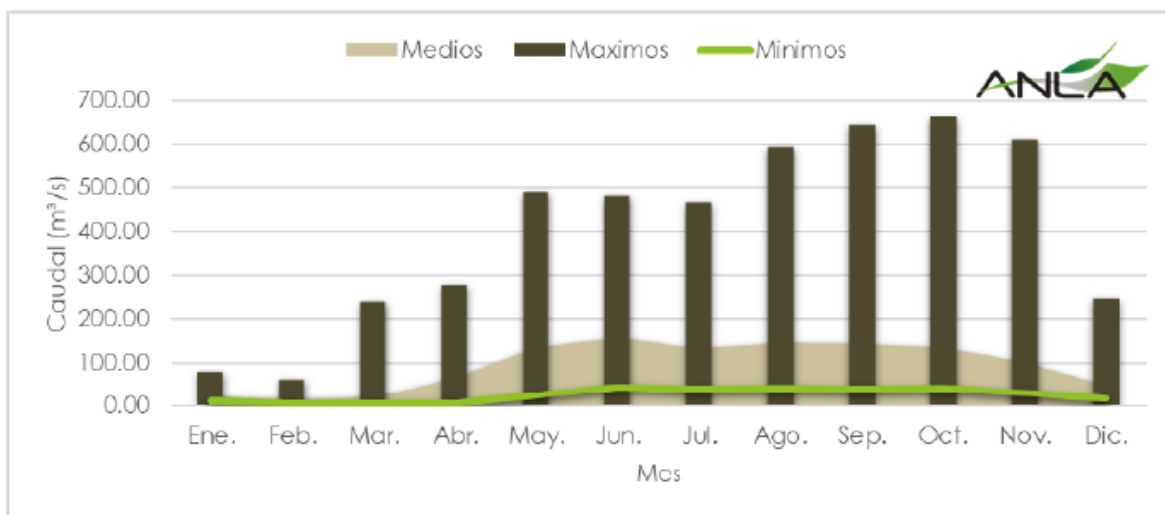
IV. Análisis de la calidad del recurso hídrico superficial

Según la zonificación hidrográfica nacional, la subzona hidrográfica del Alto San Jorge hace parte de las cuencas hidrográficas pertenecientes a la zona hidrográfica Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge, de las cuales también hacen parte las subzonas hidrográficas Directos Bajo Cauca – Ciénaga La Raya entre río Nechí y Bajo San Jorge – La Mojana.

El documento *Modelación Área Regionalizada Alto San Jorge* (ANLA, 2020), presentó los resultados de la modelación hidrológica a partir de un modelo de tipo distribuido denominado Mike-SHE el cual considera la variación espacial de los parámetros y procesos hidrológicos por medio de celdas o píxeles. Esta modelación del Alto San Jorge presentó un comportamiento hidrológico monomodal, cuyos máximos caudales mensuales multianuales suceden cada año en noviembre y los mínimos caudales mensuales multianuales en febrero.



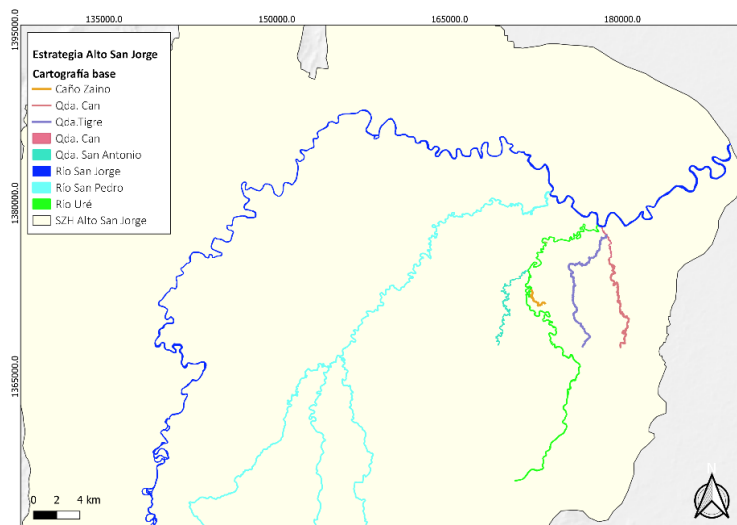
Figura 2. Modelación hidrológica río San Jorge



Fuente: ANLA, 2020

Para la estrategia de monitoreo, fueron priorizadas las fuentes hídricas presentadas en la Figura 3 en consideración al aprovechamiento que se ha autorizado sobre su cauce, su magnitud y caudal con respecto a la red hidrográfica y/o por ser valorado por la ciudadanía como un elemento de alta importancia en el sistema hídrico, como es el caso del caño Zaino en la Sentencia T-733 de 2017 *Afectación a la salud y al ambiente por explotación de níquel por Cerromatoso*.

Figura 3. Fuentes hídricas priorizadas para análisis



Fuente: ANLA, 2024.

- Río San Jorge
- Río San Pedro (Tributario del río San Jorge)
- Quebrada El Tigre (tributario del río San Jorge)
- Río Uré (Tributario del río San Jorge)
- Caño Zaino (Tributario del río Uré)
- Quebrada San Antonio (Tributario del río Uré)



Según el documento *Actualización del Reporte de análisis regional de la subzona hidrográfica del Alto San Jorge* (ANLA, 2021), haciendo uso del modelo de media móvil integrada autorregresiva ARIMA se realizó una predicción de calidad de agua posterior a 2019 basada en las tendencias identificadas entre 2013 y 2015 para calibración y de 2016 a 2018 para la validación.

Este documento señala que se aplicó el modelo a las estaciones de la Estrategia de monitoreo (Figura 1) cuyas series de datos hubiesen sido mayores a 30 registros en el momento del análisis. Los parámetros simulados fueron oxígeno disuelto, potencial de hidrógeno (pH), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitratos (N-NH₄), nitrógeno total (N-Total), fósforo total (P-Total), hierro (Fe), manganeso (Mn), sólidos suspendidos totales (SST) y temperatura.

Ahora bien, dado que el Informe del Estado de los Recursos Naturales tiene un alcance más específico y detallado sobre los componentes ambientales y los parámetros susceptibles a tener variaciones por efecto de permisos, obras o actividades autorizadas por ANLA, se consideró para este análisis que en la cuenca hidrográfica del Alto San Jorge, las actividades autorizadas corresponden principalmente a los sectores de minería y energía, por lo cual a partir de los resultados del modelo ARIMA en 2021 se seleccionaron los parámetros **pH, temperatura, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, turbidez, dureza total, hierro y manganeso**, con el objetivo de conocer el comportamiento de estos parámetros y en adición, establecer si la predicción estadística se cumplió en el mismo sentido y magnitud.

A continuación se presenta los resultados del modelo ARIMA aplicado en 2021:





Figura 4. Análisis de tendencia Mann-Kendall-Test ríos San Jorge y Uré.

Análisis de tendencia Mann-Kendall-Test						
	AR. San Jorge		AR. Río Uré		AB. Río Uré	
	Z	Tendencia	Z	Tendencia	Z	Tendencia
OD	0.87	NO	-1.02	NO	0.96	NO
pH	3.31	+	3.24	+	2.22	+
DBO	3.44	+	2.43	+	1.98	+
DQO	4.41	+	3.35	+	3.21	+
SST	1.87	NO	1.07	NO	1.85	NO
COLIF_TOT	3.46	NO	3.06	+	1.88	NO
CONDUCT	0.39	NO	0.03	NO	1.76	NO
ALC_TOT	0.39	NO	1.40	NO	2.26	+
DURE_TOT	-2.35	-	0.81	NO	1.27	NO
NITRATOS	3.91	+	0.46	NO	2.37	+
NITRITOS	-2.40	-	0.65	NO	2.61	+
SOL_TOT	-2.63	-	0.45	NO	2.60	+
CLORUROS	-1.16	NO	-1.08	NO	1.60	NO
TURBIDEZ	1.75	NO	3.57	+	3.89	+
Fe	-1.56	NO	-0.03	NO	1.05	NO
Mn	-1.56	NO	-1.35	NO	-2.11	-
Ni	1.09	NO	1.12	NO	0.89	NO
SULFATOS	-1.56	NO	-0.39	NO	1.54	NO
TEMPERAT	0.54	NO	-0.52	NO	-0.39	NO
FOSF_TOTAL	0.00	NO	2.05	+	2.88	+

+: tendencia creciente, -: tendencia decreciente, NO: no hay tendencia estadística.
 AR: Aguas arriba, AB: Aguas abajo.
 Fuente: ANLA – Centro de Monitoreo 2021

Fuente: ANLA, 2021.

De acuerdo con la Figura 4, las predicciones para las variables seleccionadas fueron:

- Con respecto al río San Jorge (tramo denominado en el documento *Aguas arriba San Jorge*) los parámetros oxígeno disuelto, temperatura, turbidez, sólidos suspendidos totales, hierro y manganeso no presentaron una tendencia estadística. El parámetro dureza total presentó una tendencia decreciente y el pH una tendencia creciente.
- Con relación al río Uré (tramo denominado en el documento *Aguas abajo río Uré*), los parámetros oxígeno disuelto, temperatura, sólidos suspendidos totales y hierro no presentaron una tendencia estadística. Turbidez y manganeso presentaron una tendencia creciente.



Ahora bien, referente a los parámetros que presentaron una tendencia creciente y están asociados a degradación de materia orgánica y oxidación de nutrientes, el documento ***Actualización del Reporte de análisis regional de la subzona hidrográfica del Alto San Jorge*** (ANLA, 2021) expone algunos factores que podrían estar asociados a esta dinámica, y que son exceptuados de este análisis considerando que para que el análisis realizado en ese documento establezca conclusiones más detalladas se requiere una ventana de análisis sobre actividades que no son de competencia de ANLA, y por lo tanto no son el objetivo de este documento.

Por otra parte, se realizó comparación de los parámetros que cuentan con objetivos de calidad establecidos por la CVS. La Resolución 26969 del 20 de enero de 2020 *Por medio de la cual se adoptan los objetivos de calidad para el río Sinú, río San Jorge y río Canalete – período 2020 y 2029* estableció la meta dispuesta para 2 años, 5 años y 10 años.

4.1. Río San Jorge

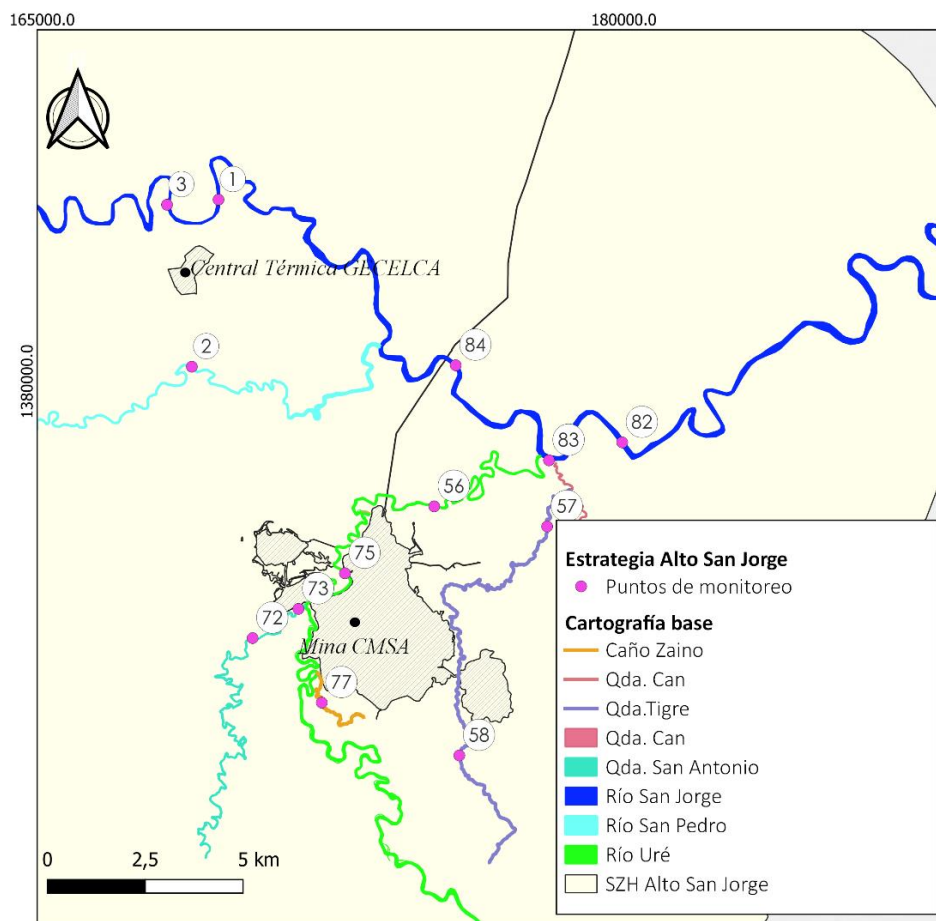
A través del municipio de Montelíbano en el departamento de Córdoba, el río San Jorge fluye en su cuenca alta, en la cual también confluyen entre otras fuentes hídricas de mayores y menores caudales, como lo son el río San Pedro, el río Uré y la quebrada El Tigre, en ese orden. Posterior a la divisoria de aguas delimitada como el Alto San Jorge, este río transita hasta el complejo cenagoso de La Mojana, en el departamento de Sucre.

Las gráficas que se presenta a continuación permiten visualizar los resultados de los puntos de monitoreo siguiendo la dirección de mayor a menor altitud. De conformidad con la Figura 5 se establecieron tres tramos de importancia para este análisis sobre el Alto San Jorge:





Figura 5. Puntos de monitoreo del río San Jorge



Fuente: ANLA, 2024

- El tramo que inicia en el MSP-LAM4656-0003 (en adelante MSP-03) aguas arriba del proyecto Central Térmica GECELCA y finaliza en el MSP-LAM4656-0001 (en adelante MSP-01) aguas abajo del mismo proyecto.
- El tramo que inicia en el MSP-LAM4656-0001 (en adelante MSP-01), aguas abajo del proyecto Central Térmica GECELCA y termina en el punto MSP-LAV0002-00-2020-00084 (en adelante MSP-84) posterior a la confluencia del río San Pedro.
- El tramo que inicia en el punto MSP-LAV0002-00-2020-00084 (en adelante MSP-84) posterior a la confluencia del río San Pedro, pasa por el punto MSP-LAV0002-00-2020-00083 (en adelante MPS-83) y finaliza en el punto MSP-LAV0002-00-2020-00082 (en adelante MSP-82), en el área de influencia de la mina CMSA.

Adicionalmente se incluyó un análisis sobre la quebrada El Tigre, receptora de vertimientos de aguas residuales industriales del proyecto LAV0002-00-2020 mina CMSA. Este análisis corresponde a los puntos de monitoreo MSP-LAV0002-00-2020-00058 localizado aguas arriba



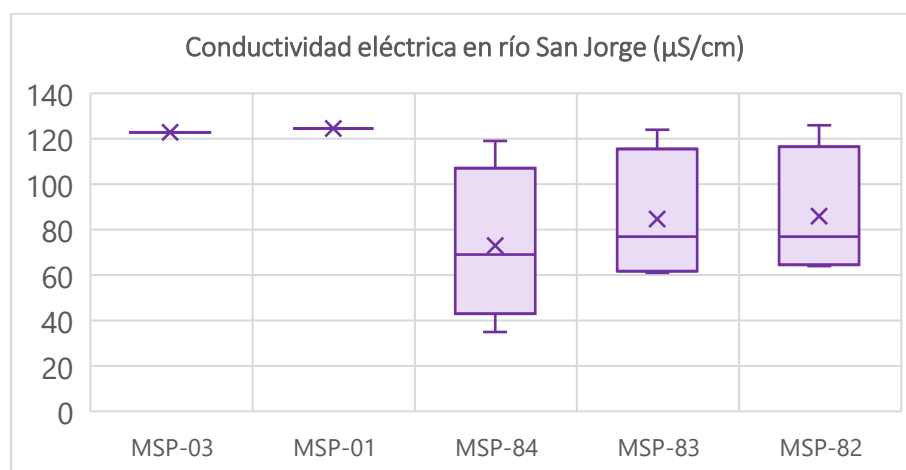
del vertimiento del Embalse No. 2 de CMSA (en adelante MSP-58), y el punto de monitoreo MSP-LAV0002-00-2020-00057 localizado aguas abajo del mismo punto de referencia.

La base de datos utilizada dispone de información sobre los puntos MSP-03 y MSP-01 únicamente de un monitoreo realizado en octubre de 2022 para cada variable. Los datos para los puntos MSP-84, MSP-83 y MSP-82 fueron monitoreados en junio, agosto, octubre y diciembre de 2021, es decir cuatro datos para cada punto en cada variable analizada. Con base en lo anterior es preciso señalar que las conclusiones de los puntos MSP-03 y MSP-01 pueden contar con una incertidumbre mayor a los puntos MSP-84, MSP-83 y MSP-82. Adicionalmente no se identificaron datos monitoreados en febrero, por lo cual no es posible generar conclusiones sobre el comportamiento de las variables en el periodo de estiaje del río San Jorge y sus tributarios priorizados.

De los parámetros seleccionados el río San Jorge la CVS dispuso objetivos de calidad para oxígeno disuelto, temperatura, pH y sólidos suspendidos totales.

a. Conductividad eléctrica

Figura 6. Conductividad eléctrica en el río San Jorge



Fuente: ANLA,2024.

Como se observa en la anterior figura, la conductividad eléctrica del río San Jorge se presentó en rangos que oscilaron entre valores mínimos de +/-35 $\mu\text{S/cm}$ y valores máximos de +/-120 $\mu\text{S/cm}$, del punto MSP-03 al punto MSP-82. Las medianas de la conductividad eléctrica se observan alrededor de 80 $\mu\text{S/cm}$, posterior al punto MSP-84 incrementan progresivamente al punto MSP-82.

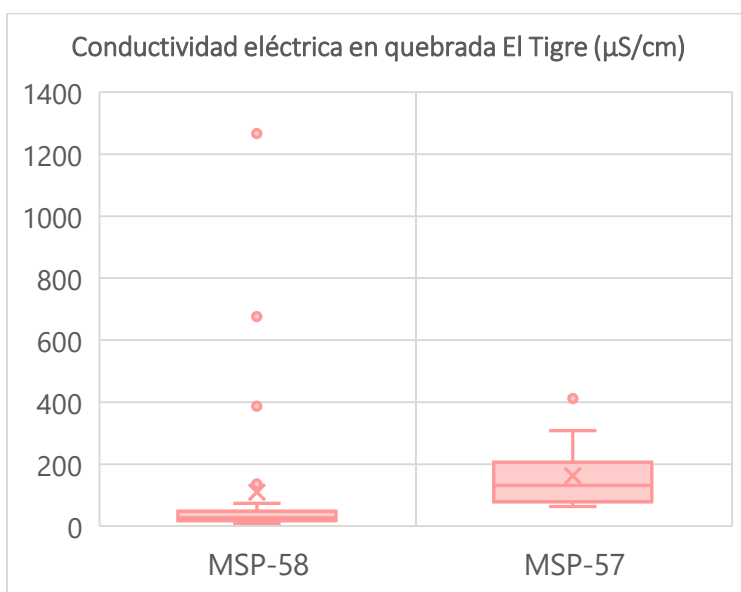




Es importante considerar que los puntos MSP-03 y MSP-01 solo contaron con un dato tomado en octubre de 2021, posterior al punto MSP-84 se contó con datos cada dos meses (junio, agosto, octubre y diciembre).

Los registros más altos de conductividad sucedieron en todos los casos entre octubre y diciembre coincidiendo con el periodo de estiaje del río San Jorge. De acuerdo con la distribución de los datos se evidencia que los cambios en la conductividad son fueron más evidentes en la dimensión temporal que espacial, es decir, a la variación de caudales en periodos específicos del año; no obstante, es importante considerar que la disponibilidad de datos es limitada por lo cual es importante observar si este comportamiento permanece en una lapso multianual.

Figura 7. Conductividad eléctrica en la quebrada El Tigre



Fuente: ANLA, 2024.

Sobre la conductividad eléctrica de la quebrada El Tigre, se observó que el rango de datos del punto MSP-58, punto localizado en la parte más alta sobre la quebrada El Tigre, es 9,0 $\mu\text{S/cm}$ a 73,55 $\mu\text{S/cm}$. La serie de datos desde 2005 a 2022 presentó un único dato de conductividad eléctrica de 1266 $\mu\text{S/cm}$ en el punto MSP-58, de ahí a que este dato no haga parte del rango habitual de los datos analizados.

El rango de datos de MSP-57 presentó incrementos en la conductividad eléctrica en un rango de 63,8 $\mu\text{S/cm}$ a 308 $\mu\text{S/cm}$. En MSP-57, el valor de conductividad eléctrica más alto se registró en 412 $\mu\text{S/cm}$.

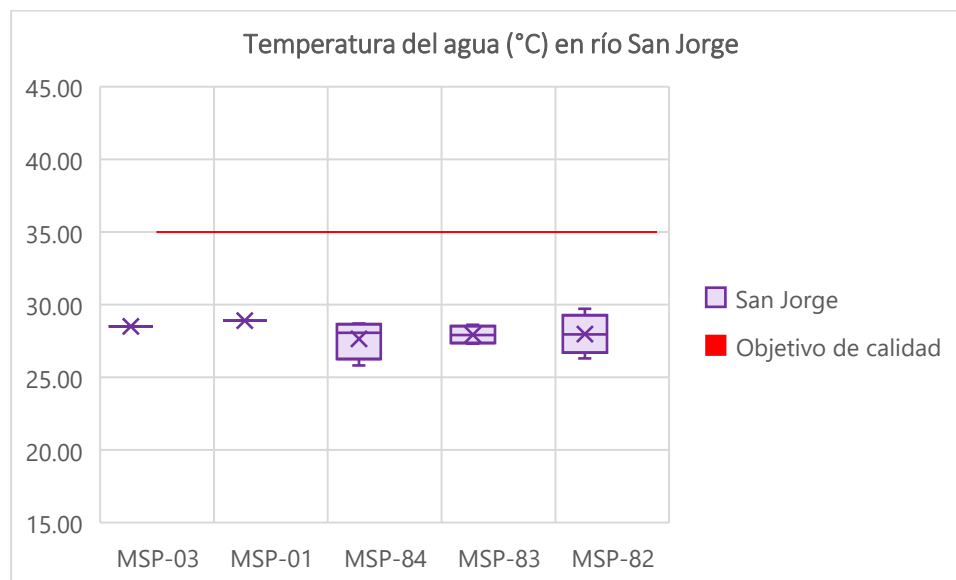
Si se comparan los valores del río San Jorge en el punto MSP-82, que tiene influencia de la quebrada El Can, fuente receptora de la quebrada El Tigre, puede apreciarse qué, para la



serie analizada, la conductividad de la quebrada El Tigre no representó un factor de cambio en la conductividad del río San Jorge.

b. Temperatura

Figura 8. Temperatura del agua en el río San Jorge

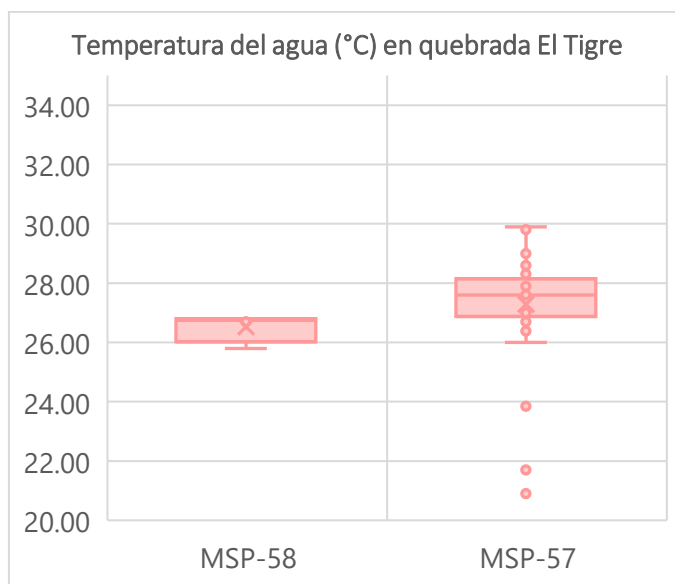


Fuente: ANLA, 2024.

La temperatura del río San Jorge del punto MSP-03 al punto MSP-82 se registró entre 25,80 °C y 29,7 °C. Posterior al punto MSP-84, se evidenció una temperatura promedio que alcanzó los 28,00 °C. Para la serie analizada las mayores temperaturas fueron registradas en diciembre. Los puntos MSP-84 y MSP-82 presentaron rangos más amplios de temperatura, no obstante, la totalidad de los registros de temperatura se encuentran por debajo del límite de objetivo de calidad dispuesto por la CVS de <35 °C.



Figura 9. Temperatura del agua en la quebrada El Tigre

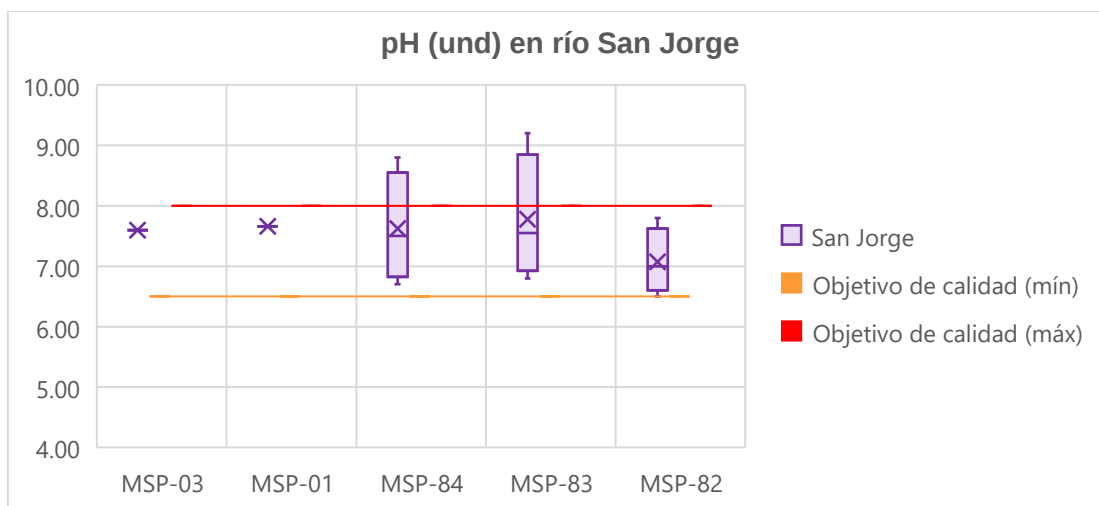


Fuente: ANLA, 2024.

La temperatura monitoreada en la quebrada El Tigre en el punto MSP-58 varía en un rango de 25,80 °C a 26,70 °C y en MSP-57 de 26,38 °C a 29,80 °C, lo que indica que hubo un incremento en ese trayecto. Pese a lo anterior no es posible concluir si la quebrada El Tigre tenga alguna influencia sobre la temperatura del río San Jorge ya que previamente confluye la quebrada El Can.

c. Potencial de hidrógeno (pH)

Figura 10. pH en el río San Jorge

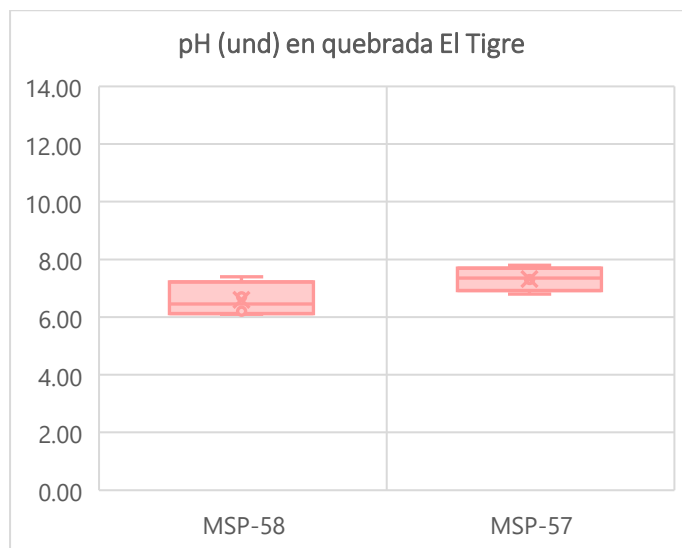


Fuente: ANLA, 2024.



Con respecto al pH, se registró valores de 6,6 und y 9,3 und, por lo cual se concluye una tendencia que varía de pH neutro a basicidad moderada. La serie de datos de pH superó el límite superior del objetivo de calidad establecido por la CVS que es de 8,0 und; por el contrario, ninguno de los datos es inferior del límite mínimo de pH establecido por la Corporación que es de 6,6 und.

Figura 11. pH en la quebrada El Tigre



Fuente: ANLA, 2024.

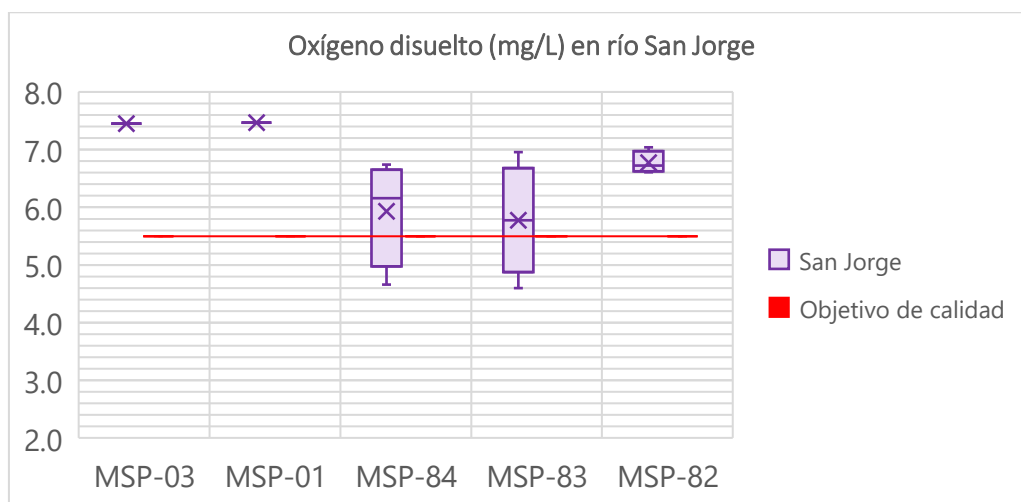
Con respecto a la quebrada El Tigre, el pH fue neutro y presentó un comportamiento estable entre MSP-58 y MSP-57, dado que si se observa las mediciones más altas de pH en ambos puntos la diferencia es 7,40 und a 7,70 und, lo cual no se considera un cambio significativo en términos de calidad hídrica para este parámetro. Con base en estos datos no se considera que la quebrada El Tigre esté aportando al pH básico del río San Jorge.





d. Oxígeno disuelto

Figura 12. Oxígeno disuelto en el río San Jorge



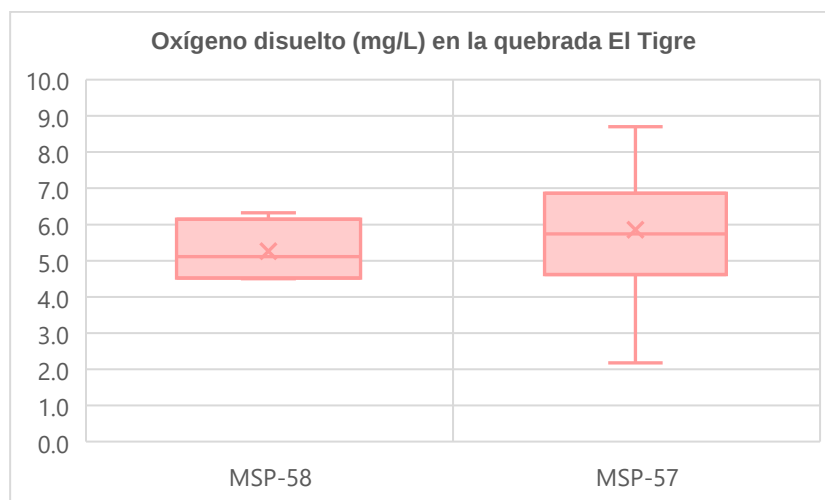
Fuente: ANLA, 2024.

El oxígeno disuelto del río San Jorge aguas arriba del río San Pedro (es decir, antes del punto MSP-84) presentó concentraciones de 7,5 mg/l (valores tomados en octubre de 2022). Posterior al punto MSP-84, el oxígeno disuelto presentó concentraciones promedio de 5,8 mg/l a 6,9 mg/l.

Este parámetro presentó una reducción en las mediciones realizadas en junio, no obstante la tendencia fue que las concentraciones superaron 4,0 mg/l, siendo este un valor de referencia para analizar la presión sobre la vida acuática aerobia de acuerdo con el artículo 18 del Decreto 703 de 2018, que modifica el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 con relación a los criterios de calidad de preservación de flora y fauna en el cual se establece para el agua fría dulce, 5,0 mg/l; para agua cálida dulce, 0,5 mg/l y para agua marina y estuarina 4,0 mg/l.



Figura 13. Oxígeno disuelto en la quebrada El Tigre

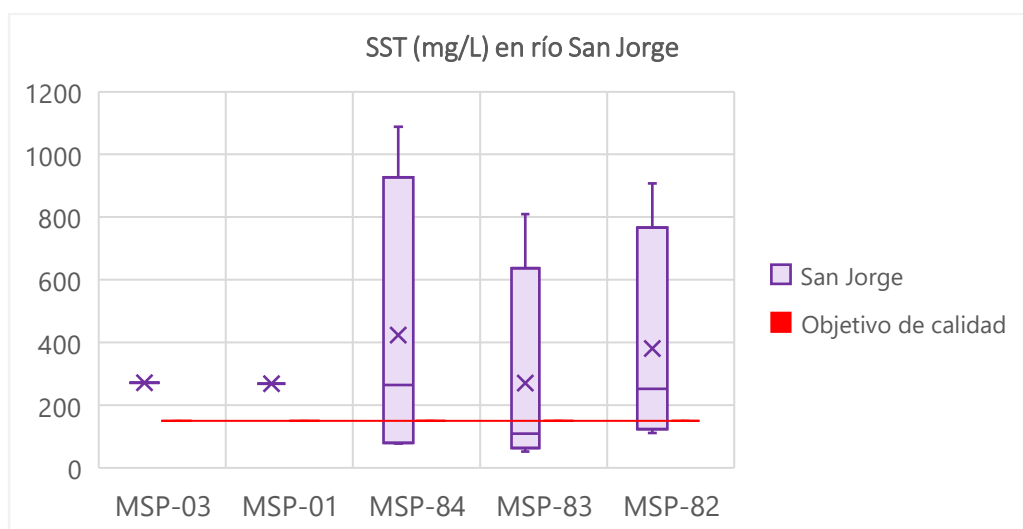


Fuente: ANLA, 2024.

En la quebrada El Tigre se observó que el oxígeno disuelto presentó un comportamiento constante entre MSP-58 y MSP-57. Aunque existe un único valor registrado en 2010 sobre el punto MSP-57 de 2,2 mg/l, esto representa menos del 1% de los datos. Los demás datos se observaron en el rango de 4,6 mg/l a 6,9 mg/l.

e. Sólidos Suspendidos Totales - SST

Figura 14. Sólidos suspendidos totales en el río San Jorge



Fuente: ANLA, 2024.



Como se presentó en la Figura 14, los sólidos suspendidos totales (SST) presentaron concentraciones aproximadas a 270 mg/l en los puntos MSP-03 y MSP-01 (aguas arriba y aguas abajo del proyecto LAM4656 Central Térmica GECELCA) en las mediciones realizadas en octubre de 2022.

Considerando que el valor medio de la gráfica hace referencia al único dato del cual se dispone para los puntos MSP-03 y MSP-01, los datos de octubre de 2021 a partir del punto MSP-84 presentaron medianas superiores a esos puntos (MSP-84: 424 mg/l; MSP: 83: 270 mg/l y MSP-82: 380,75 mg/l). Esta diferencia aumenta si se consideran los registros máximos para los mismos puntos (MSP-84: 1088 mg/l; MSP: 83: 810 mg/l y MSP-82: 908 mg/l), no obstante, no es posible afirmar que esta diferencia sea persistente para los periodos hidrológicos del año, dada la disponibilidad de datos del MSP-03 y MSP-01, por lo cual es necesario continuar con el seguimiento de los SST para contar con series de tiempo extensas.

Las concentraciones de SST superiores se identificaron en junio de 2021, periodo en el cual se registraron SST de 1088 mg/l en el punto MSP-84 (aguas abajo de la confluencia con el río San Pedro en el río San Jorge). La variación en los rangos de datos de cada punto de monitoreo abajo de MSP-01, es decir, MSP-84, MSP-83 y MSP-82 fue amplio, con valores que van desde 80,25 mg/l a 1088 mg/l en el punto MSP-84; desde 63,75 mg/l a 810 mg/l en el punto MSP-83 y 123,75 a 908 mg/l en el punto MSP-82. En agosto, octubre y diciembre de 2021 los SST aumentaron en dirección al flujo del río San Jorge en los puntos MSP-84 y MSP-83 y decrecieron en MSP-82, esta característica cambió en junio de 2021, periodo en el cual se presentó un comportamiento creciente de los SST en MSP-83 a MSP-82.

Con respecto al objetivo de calidad establecido por la Corporación de 150 mg/l, la serie presentó en general una tendencia al sobrepaso desde el punto MSP-03 (aguas arriba de la bocatoma del permiso de captación del proyecto LAM4656 Central Térmica GECELCA) hasta el punto MSP-82 (aguas abajo de la confluencia del río Uré).

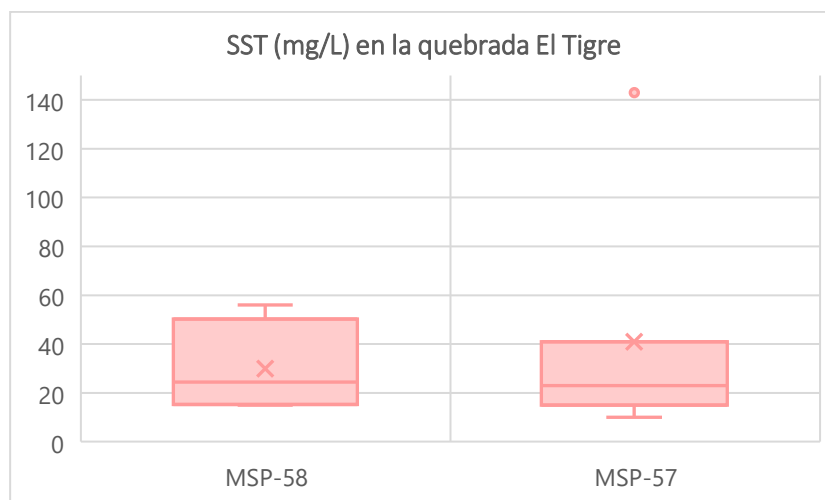
Sobre lo anterior, se consultó el concepto técnico de seguimiento No. 8403 del 30 de noviembre de 2023 realizado al proyecto del LAV0002-00-2020 mina CMSA, en el cual fueron revisados los datos de monitoreo de descargas de aguas residuales no domésticas de 2019, 2020 y 2021 con respecto al cumplimiento de los límites máximos permisibles del artículo 10 de la Resolución 631 de 2015, que tiene incluido un límite para sólidos suspendidos totales de 50 mg/l para la disposición de vertimientos de las actividades de extracción de níquel y otros metales no ferrosos.

Esta Autoridad concluyó en el citado concepto: *“en general se pudo apreciar que para las aguas residuales no domésticas en general se cumplen los límites permisibles de aguas descargadas a cuerpos de aguas naturales estipulados en la resolución 631 de 2015, existen sin embargo algunas pocas excepciones, pero en todos los casos son eventos puntuales que no implican afectación a las aguas naturales receptoras de los vertimientos”*.





Figura 15. SST en la quebrada El Tigre

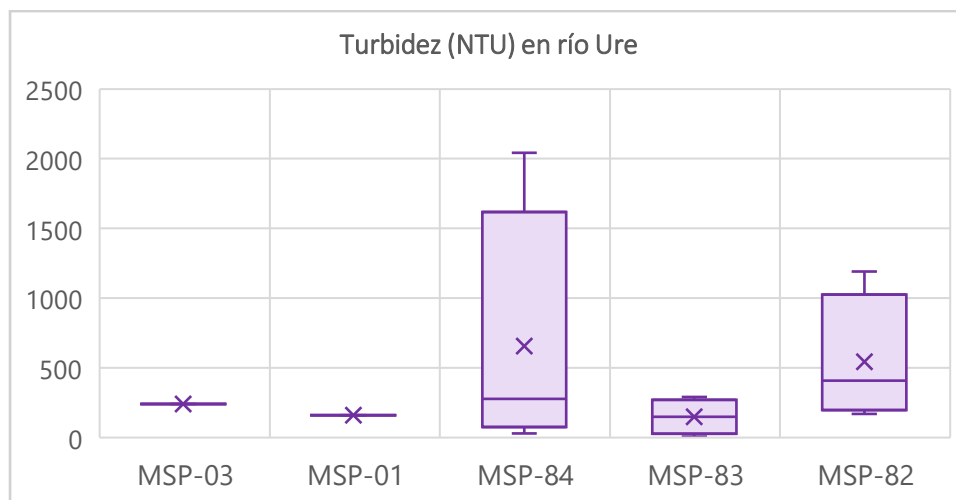


Fuente: ANLA, 2024.

Por otra parte, los sólidos suspendidos totales en la quebrada El Tigre presentaron concentraciones inferiores a 60 mg/l, y disminuyeron entre los puntos MSP-58 y MSP-57 a 40 mg/l. Se evidenció un dato en 140 mg/l pero no se encuentra dentro del rango usual de los demás datos monitoreados en MSP-57. Se concluye que de existir un aporte de SST al punto MSP-82, en la serie revisada esta característica no proviene de la quebrada El Tigre.

f. Turbidez

Figura 16. Turbidez en el río San Jorge



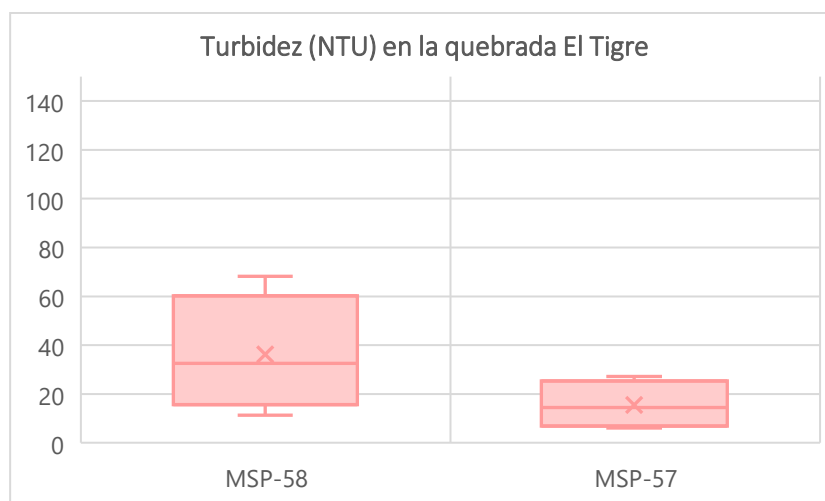
Fuente: ANLA, 2024.



La turbidez presentó un comportamiento variable entre los tramos de análisis. Del punto MSP-03 al punto MSP-01 la turbidez decrece de 240 NTU a 160 NTU (valores únicos para estos puntos monitoreados en 2022). En MSP-84, posterior a la confluencia del río San Pedro, se observa el mayor crecimiento del rango de turbidez de toda la serie analizada, el punto MSP-84 en 2021 presentó rangos cuyo valor máximo asciende a 1617,5 mg/l y mediana de 656.65 mg/l, y valores fuera de la tendencia de 2042 mg/l, esta medición corresponde al periodo de transición de bajos a altos caudales.

En el punto MSP-83, posterior a la confluencia del río Uré, la turbidez presenta una disminución en un rango de 27,37 mg/l a 270,5 mg/l y una mediana de 148,94 mg/l. Finalmente en el punto MSP-82, aguas abajo de la quebrada El Tigre, se observa un incremento en el rango, cuyos valores oscilan entre 197 mg/l y 1026 mg/l.

Figura 17. Turbidez en la quebrada El Tigre



Fuente: ANLA, 2024.

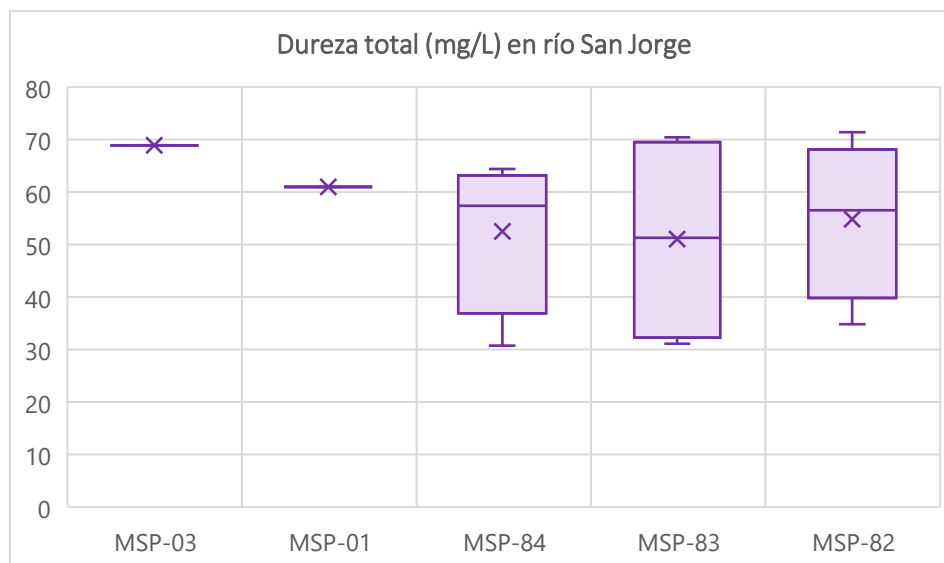
En la quebrada El Tigre se observó que la turbidez disminuyó del punto MSP-58 al punto MSP-57, por ejemplo, en sus valores promedios (de 11,4 NTU a 27,2 NTU).





g. Dureza total

Figura 18. Dureza total en el río San Jorge



Fuente: ANLA, 2024.

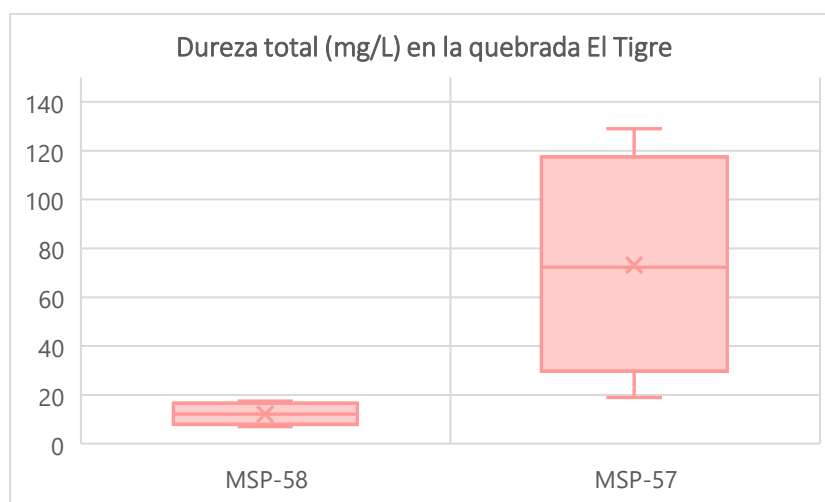
Con respecto a la dureza total, se observó en la figura anterior que en el tramo MSP-03 y MSP-01 hay una disminución de 10 mg/l. Entre los puntos MSP-84 y MSP-82 se observó un incremento en los valores máximos de 64,4 mg/l en MSP-84 a 71,4 mg/l en MSP-82.

En la siguiente figura se presentó la dureza total para la quebrada El Tigre. Se observó un cambio en la dureza total de MSP-58 a MSP-57. El punto aguas abajo del vertimiento de la mina CMSA presentó un cambio en el rango de 7,9 mg/l a 16 mg/l (MSP-58) a 19 mg/l a 129 mg/l (MSP-57). No obstante, en el punto MSP-82 en el río San Jorge no se evidenciaron cambios significativos en la dureza total si se compara con el MSP-83, lo cual sugiere que la quebrada El Can estabilizó este efecto antes que sus aguas confluyan en el río San Jorge.





Figura 19. Dureza total en la quebrada El Tigre



Fuente: ANLA, 2024.

h. Metales

Arsénico

Tabla 4. Variación en las concentraciones de arsénico total (mg/l) en el río San Jorge

MES/COD.ANLA	MSP-03	MSP-01	MSP-84	MSP-82	MSP-83
JUN – 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
AGS-2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
DIC- 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT – 2022	N.D.	N.D.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2023.

Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de arsénico se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0.05 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso agrícola (0,1 mg/l) y uso pecuario (0,2 mg/l).

Cobalto

Tabla 5. Variación en las concentraciones de cobalto total (mg/l) en el río San Jorge

MES/COD.ANLA	MSP-84	MSP-82	MSP-83
JUN – 2021	<0.05	<0.05	<0.05
AGS-2021	<0.05	<0.05	<0.05



MES/COD.ANLA	MSP-84	MSP-82	MSP-83
OCT- 2021	<0.05	<0.05	<0.05
DIC- 2021	<0.05	<0.05	<0.05

Fuente: ANLA, 2024.

El parámetro cobalto se monitorea únicamente en los puntos localizados a la altura del proyecto minero del expediente LAV0002-00-2020 mina CMSA. Para el periodo de medición, el análisis indica que las concentraciones de cobalto fueron constantes e inferiores al límite de cuantificación del método de 0,05 mg/l.

Cromo total

Tabla 6. Variación en las concentraciones de cromo total (mg/l) en el río San Jorge

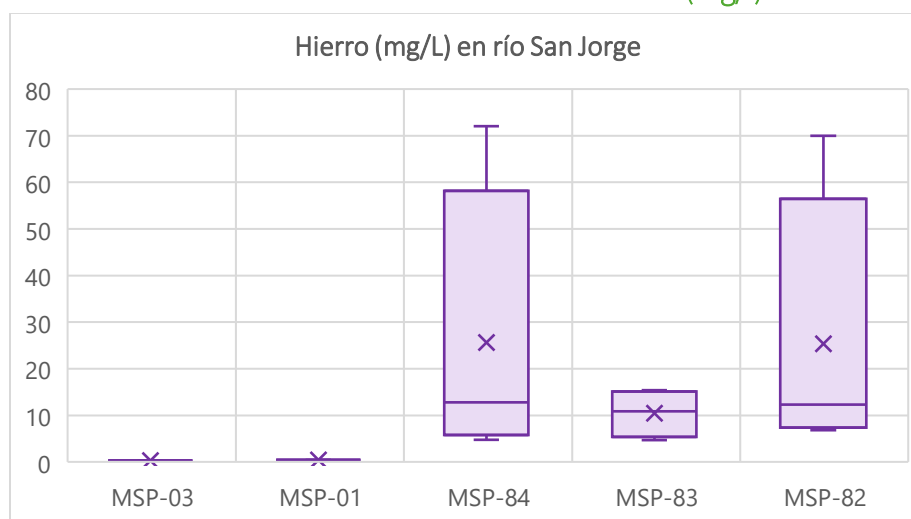
ID ANLA	MSP-03	MSP-01	MSP-84	MSP-82	MSP-83
JUN - 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
AGS-2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
DIC-2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2022	N.D.	N.D.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.

Para el periodo de medición, el análisis indicó que las concentraciones de cromo total fueron constantes e inferiores al límite de cuantificación del método de 0,05 mg/l.

Hierro total

Figura 20. Variación en las concentraciones de hierro total (mg/l) en el río San Jorge

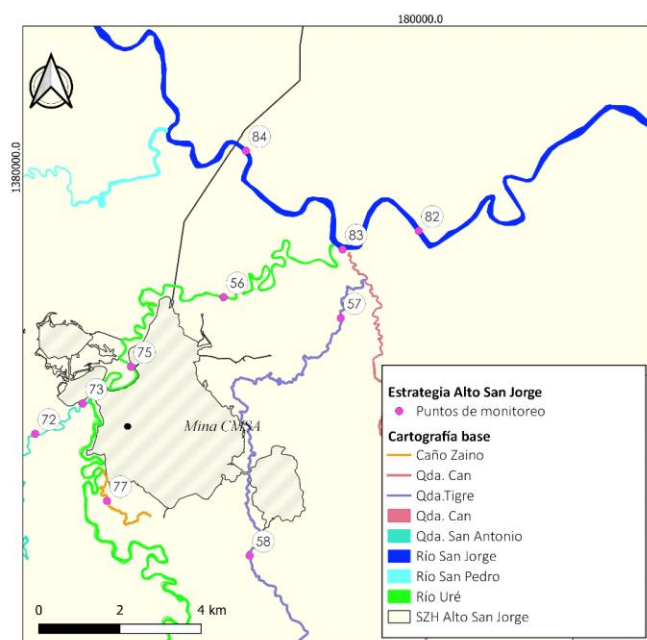


Fuente: ANLA, 2024.



Con respecto al hierro total, se observó que las mayores concentraciones de este parámetro se presentaron en el punto MSP-84 con valores de 5,8 mg/l a 72 mg/l, este rango fue similar al punto MSP-82 que presentó valores de 7,37 mg/l a 70,0 mg/l. Pese a estar en el medio de MSP-84 y MSP-82, las concentraciones de hierro total en el punto MSP-83 estuvieron en un rango inferior (5,5 mg/l a 15,5 mg/l). Estas concentraciones se observaron en junio de 2021, por lo cual no es posible establecer una relación fuerte con el régimen de caudales.

Figura 21. Puntos MSP-84, MSP-83 y MSP-82



Fuente: ANLA, 2024.

Un planteamiento diferente sugiere que el aporte de hierro del río San Pedro sobre el MSP-84 es de alta influencia para el aumento de las concentraciones de hierro en el río San Jorge, posteriormente se mezclan en su trayecto antes de pasar por el MSP-83. Las concentraciones podrían haber disminuido en MSP-83 con la confluencia del río Uré y un segundo aporte de hierro podría provenir de la quebrada El Can, aguas arriba del punto MSP-82.

En relación con las actividades asociadas a estos cuerpos de agua y las oportunidades de manejo del territorio, en el capítulo de conclusiones se plantean recomendaciones específicas a las autoridades ambientales competentes.

En la **Figura 21** se observa nuevamente la conexión entre los puntos MSP-84, MSP-83 y MSP-82. Se muestra la importancia de analizar los aportes en caudal y calidad hídrica del río Uré, con el fin de establecer si el río está generando una dilución de las concentraciones del río San Jorge aguas arriba del punto MSP-83. Este planteamiento es analizado en el capítulo del río Uré.



Níquel

Tabla 7. Variación en las concentraciones de níquel total (mg/l) en el río San Jorge

ID ANLA	MSP-03	MSP-01	MSP-84	MSP-82	MSP-83
JUN - 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
AGS-2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
DIC-2021	N.M.	N.M.	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2022	N.D	N.D	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.

Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de níquel total se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0.05 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso agrícola (0,2 mg/l).

Mercurio

Tabla 8. Variación en las concentraciones de mercurio total (mg/l) en el río San Jorge

ID ANLA	MSP-03	MSP-01	MSP-84	MSP-82	MSP-83
JUN - 2021	N.M.	N.M.	<0.002	<0.002	<0.002
AGS-2021	N.M.	N.M.	<0.002	<0.002	<0.002
OCT- 2021	N.M.	N.M.	<0.002	<0.002	<0.002
DIC-2021	N.M.	N.M.	<0.002	<0.002	<0.002
OCT- 2022	N.D.	N.D.	N.M.	N.M.	N.M.

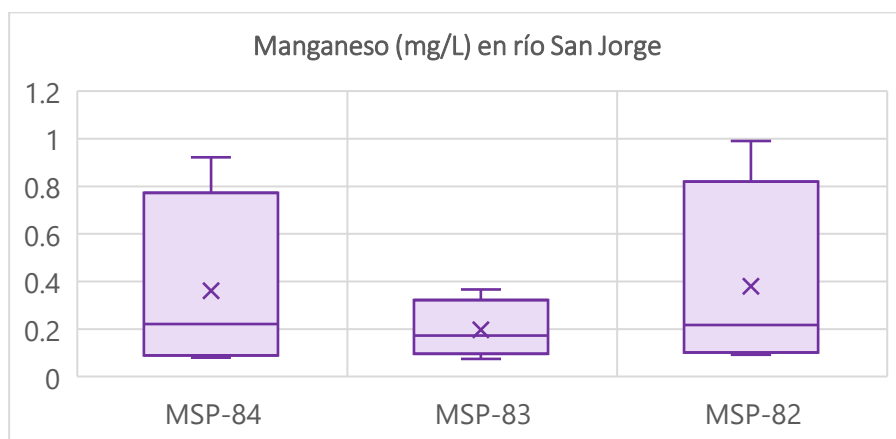
Fuente: ANLA, 2024.

Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de mercurio total se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0,002 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para tratamiento convencional para consumo humano (0,002 mg/l) y desinfección para consumo humano (0,002 mg/l).



Manganeso

Figura 22. Variación en las concentraciones de manganeso total (mg/l) en el río San Jorge



Fuente: ANLA, 2024.

Las concentraciones de manganeso son similares en los puntos MSP-84 (rango de 0,09 mg/l a 0,92 mg/l) y MSP-82 (0,10 mg/l a 1,0 mg/l). Pese a encontrarse localizado en la mitad del trayecto MSP-84 a MSP-82, el punto MSP-83 presentó un rango inferior (0,07 mg/l a 0,36 mg/l). Esta dinámica es reiterada para los metales analizados que presentaron valores cuantificables por los métodos empleados, como hierro y manganeso. Con base en lo anterior se generan conclusiones y recomendaciones al final del documento.

Con base en la serie de datos disponible para este análisis se concluye que las características del río San Jorge en el tramo que inicia en el punto MSP-03 a la altura del proyecto Central Térmica GECELCA y termina en el punto MSP-82, aguas abajo de la quebrada El Tigre, son aguas de bajos niveles de conductividad eléctrica, alta disponibilidad de oxígeno disuelto, con un pH básico o alcalino moderado. Los parámetros que presentaron mayores variaciones en el río San Jorge fueron sólidos suspendidos totales, turbidez, dureza total, hierro total y manganeso, estos parámetros son concordantes con el pH, y están asociados principalmente a los minerales del material geológico expuesto sobre el cual fluye el río San Jorge.

Por otra parte, es importante señalar que las mayores variaciones de los parámetros característicos del río San Jorge se observaron en MSP-84, el punto de monitoreo que se localiza aguas abajo de la confluencia del río San Pedro.

Ahora bien, entre el punto MSP-83 y el punto MSP-82 confluye la quebrada El Tigre, que es una fuente receptora de vertimientos de la mina CMSA, y que podría representar una variación entre estos dos puntos de monitoreo. De los parámetros analizados se estableció que para el periodo de análisis, el mayor aporte de la quebrada El Tigre a través de la quebrada El Can al río San Jorge es de dureza total (se evidencia que el rango de datos es cambiante y amplió entre MSP-58 aguas arriba de Embalse 2 de CMSA y MSP-57, aguas abajo

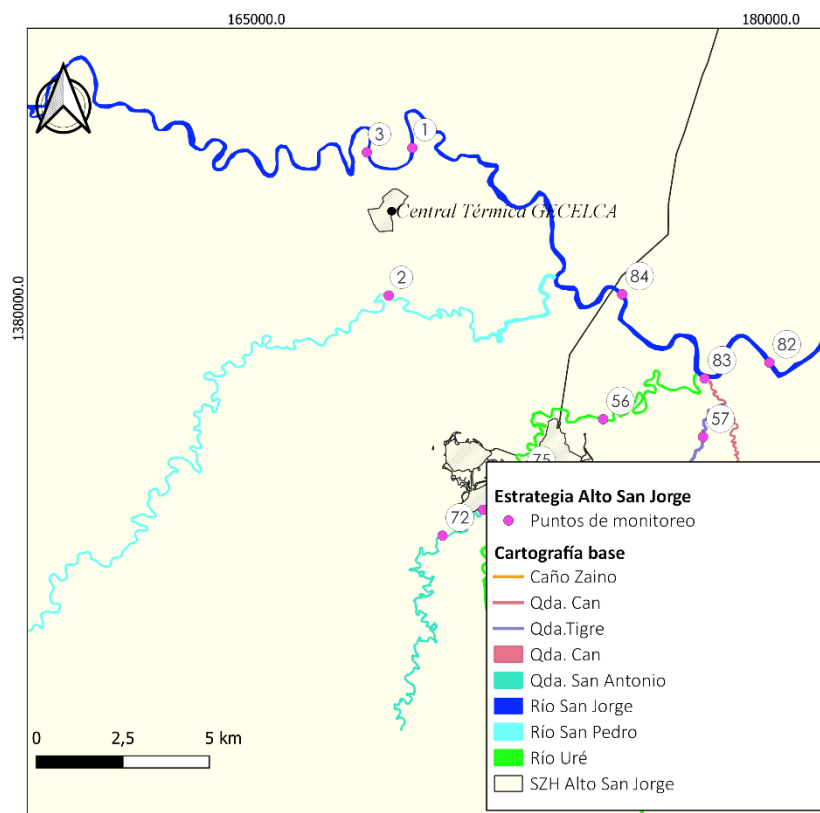
del mismo punto de referencia). No obstante, este aporte no es significativo ya que la tendencia de dureza total en MSP-82 (aguas abajo de la confluencia de la quebrada El Tigre) tiene cambios mínimos con respecto al rango en MSP-83 (aguas arriba de la confluencia de la quebrada El Tigre).

En cuanto a metales, con excepción de hierro y manganeso, se identificó que arsénico, cobalto, cromo, mercurio y níquel presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico.

3.2. Río San Pedro

El río San Pedro es uno de los tributarios más caudalosos del río San Jorge. Esta fuente hídrica fluye a través del municipio de Puerto Libertador y de las fuentes hídricas priorizadas para este análisis, es la primera que confluye con el río San Jorge.

Figura 23. Puntos de monitoreo en el río San Pedro



Fuente: ANLA, 2024.

Sobre el río San Pedro se localizaron dos puntos de monitoreo, el MSP-LAM4656-0002 (MSP-02) monitoreado por el proyecto LAM4656 Central Térmica GECELCA (diciembre de 2022) y el



punto QECa monitoreado por el proyecto LAV0002-00-2020 mina CMSA (agosto de 2019). Para este análisis sólo se contó con un dato por parámetro por cada uno de los puntos, sin embargo se complementó el análisis con la información identificada en el expediente LAV0051-00-2017 Mina Bijao - Título minero 4676, un proyecto que tuvo traslado de competencias mediante de ANLA a la Corporación Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge – CVS.

Por lo anterior, a continuación se señalan los resultados de los parámetros de los cuales se cuenta con datos, y se presentó una comparación con el punto MSP-84, localizado sobre el río San Jorge aguas arriba de la confluencia del río San Pedro.

- La **conductividad eléctrica** se registró en el punto QECa en 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en agosto de 2019 y en MSP-02 104,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en octubre de 2022. Los valores de conductividad para el MSP-84 es de 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 107 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2021, lo cual sugiere mayores concentraciones de sólidos disueltos en el río San Pedro.
- La **temperatura** se registró en el punto QECa en 26,90 °C en agosto de 2019 y en MSP-02 29,50 °C en octubre de 2022. Los valores de temperatura para el MSP-84 es de 25,80 °C a 28,65 °C en 2021.
- El **pH** se registró en el punto QECa en 7,36 und en agosto de 2019 y en MSP-02 7,46 und en octubre de 2022. El valor de pH para el MSP-84 es de 6,70 und a 8,80 und en 2021.
- El **oxígeno disuelto** se registró en el punto QECa en 5,4 mg/l en agosto de 2019 y en MSP-02 5,7 mg/l en octubre de 2022. Los valores de OD para el MSP-84 es de 4,7 mg/l a 6,7 mg/l.
- Los **sólidos suspendidos totales** sólo fueron medidos en MSP-02 con un valor de 56 mg/l en octubre de 2022. Las concentraciones de SST para el MSP-84 es de 80,25 mg/l a 1088 mg/l.
- La **turbidez** sólo fue medida en MSP-02 con un valor de 40 NTU en octubre de 2022. El valor de turbidez para el MSP-84 es de 75,45 NTU a 2024 NTU.
- Los parámetros **arsénico, cadmio, cromo, níquel, mercurio** fueron reportados como no detectables. Esta condición es similar a los resultados del punto MSP-84 en los mismos parámetros.
- El **hierro** sólo fue medido en MSP-02 con un 0,33 mg/l en octubre de 2022. Las concentraciones de hierro del MSP-84 oscilan entre 4,77 mg/l y 72 mg/l.
- No se identificó mediciones de **manganeso** en el río San Pedro.





Pese la limitación de datos del río San Pedro, de manera general se observa que esta fuente hídrica presentó características similares al río San Jorge en lo que concierne al oxígeno disuelto y el pH alcalino. No obstante, se observó un aporte muy alto en 2019 de 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta observación se realizó en agosto, cercano al periodo de estiaje del río San Pedro.

En cuanto a metales pesados, con excepción de hierro y manganeso, se identificó que arsénico, cobalto, cromo, mercurio y níquel presentaron valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico.

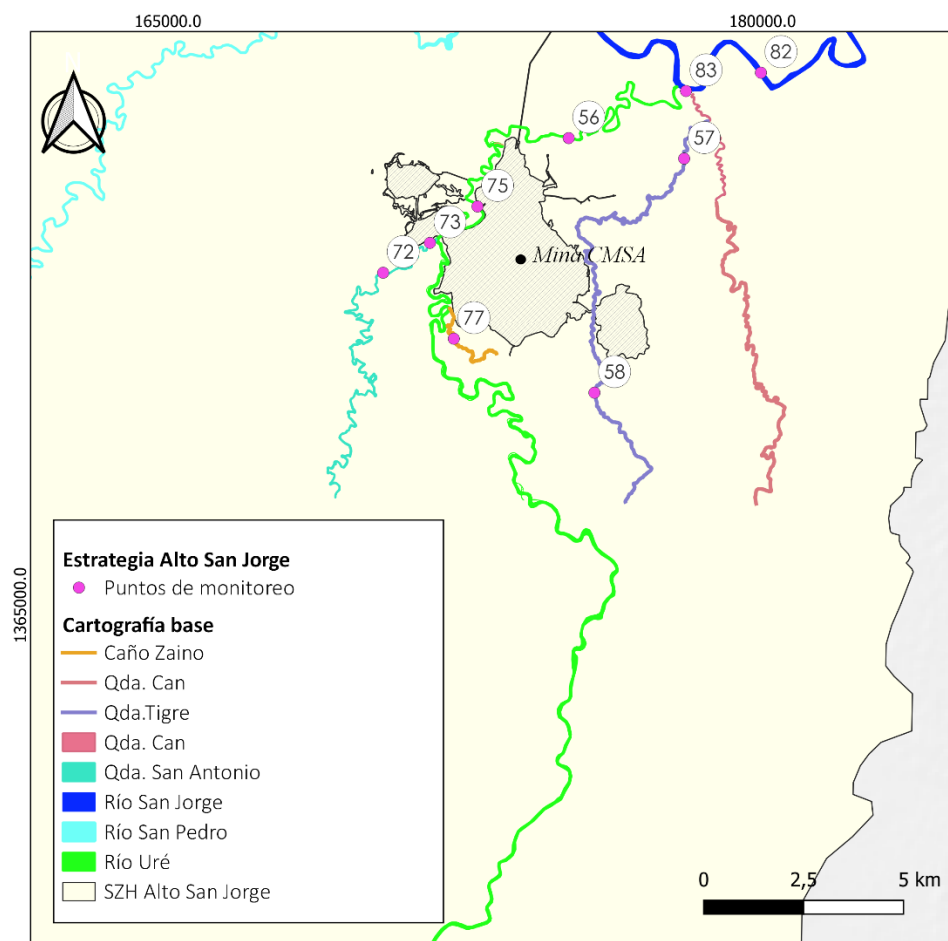
De acuerdo con los monitoreos del MSP-84 en el capítulo del río San Jorge (aguas abajo de la confluencia del río San Pedro), se observa un incremento en la mayoría de parámetros. Considerando que ANLA no tiene autorizadas actividades de ningún sector sobre el río San Pedro, el próximo Informe del Estado de los Recursos Naturales consultará información de calidad hídrica disponible a la CVS.

3.3. Río Uré

El río Uré nace en el Nudo de Paramillo en la vereda Versalles del municipio de Puerto Libertador y desemboca en el río San Jorge, en el municipio de Montelíbano. Las fuentes hídricas priorizadas del río Uré fueron quebrada San Antonio y el caño Zaino. Lo anterior considerando que son fuentes hídricas receptoras del permiso de vertimiento otorgado al expediente LAV0002-00-2020 Mina CMSA



Figura 24. Puntos de monitoreo en río San Jorge, quebrada San Antonio, quebrada El Tigre y caño Zaino



Fuente: ANLA, 2024.

Para el presente análisis se establecen tres tramos de importancia sobre el río Uré (Ver Figura 24).

- El caño Zaino en su trayecto medio monitoreado en el punto MSP-LAV0002-00-2020-0077 (en adelante, MSP-77).
- La quebrada San Antonio monitoreada en dirección aguas arriba de la mina de CMSA MSP-LAV0002-00-2020-0072 (en adelante, MSP-72) y aguas abajo del MEP de CMSA MSP-LAV0002-00-2020-0073 (en adelante, MSP-73). Posterior a este último punto, la quebrada San Antonio confluye en el río Uré.
- El tramo del río Uré desde la confluencia de la quebrada San Antonio hasta el punto MSP-LAV0002-00-2020-0075 (en adelante MSP-75) aguas arriba de uno de los puntos



de descarga de vertimiento de CMSA denominado *Embalse 2* y el punto MSP-LAV0002-00-2020-0056 (en adelante MSP-56), aguas abajo de la mina CMSA.

La base de datos utilizada dispone de información sobre estos puntos de monitoreo desde el año 2005 hasta 2021. Los datos anteriores a 2017 corresponden a los datos históricos entregados por la Sociedad Cerro Matoso S.A. en el marco de la evaluación de modificación del expediente LAV0002-00-2020, que relacionaron únicamente año y semestre de toma de muestra.

Como se observará a continuación, se identificó una diferencia en el comportamiento de algunos parámetros en el caño Zaino con respecto a la quebrada San Antonio y el río Uré. Con el objetivo de tener un contexto más amplio sobre caño Zaino se consultó en SILA información disponible identificando lo siguiente:

Según el documento *Propuesta técnica para acotar las características de un proceso de restauración del caño Zaino en relación con la Sentencia T-733 de 2017* (CMSA, 2020), realizado a partir del análisis de imágenes de sensores remotos y otras fuentes secundarias, el caño Zaino ha sido objeto de intervenciones que han implicado cambios en la calidad hídrica:

“En el segundo tramo del caño, a partir de Pueblo Flecha, el caño Zaino recibe caudal de algunos tributarios que originalmente vertían directamente sobre el río Uré y que constituían una microcuenca independiente, localizada al costado norte del caño Zaino, con salida directa sobre el río Uré y que para efectos del presente estudio se denominará “caños sector 2 o norte (...).”

Estos tributarios mencionados anteriormente desembocan hoy día sobre el caño Zaino gracias a la construcción de un canal de vertido cuyo objetivo es drenar las aguas lluvias y de escorrentía del costado sur del botadero de la mina CMSA. En este proceso, se interrumpieron los cauces naturales de los tributarios antes mencionados y sus aguas fueron canalizadas hacia el caño Zaino, incrementando su caudal desde ese punto hasta la desembocadura” CMSA, 2020. P. 10. Cursiva fuera del texto original.

“Otro importante servicio ecosistémico que se restituye es el del ciclo hidrológico del caño Zaino. Al restituir las condiciones del bosque y eliminar los tensores o agentes perturbadores del caño, se restituye el ciclo hídrico ya que se mejoran las condiciones de turbidez, sedimentación, oxígeno disuelto, presencia de macroinvertebrados acuáticos y estabilidad del cauce y las corrientes de agua. (...)” CMSA, 2020. P. 71. Cursiva fuera del texto original.

En ese sentido, también es importante tener en cuenta que la Sentencia T-733 de 2017 impuso la restauración de la cuenca hídrica del caño Zaino, y que esta medida involucra un enfoque diferencial sujeto a aspectos en la relación comunidad – mina CMSA. El expediente LAV0002-00-2020 refleja el seguimiento a esta obligación por parte de ANLA en el Programa B7 *Programa de restauración de la cuenca hídrica del caño Zaino*.

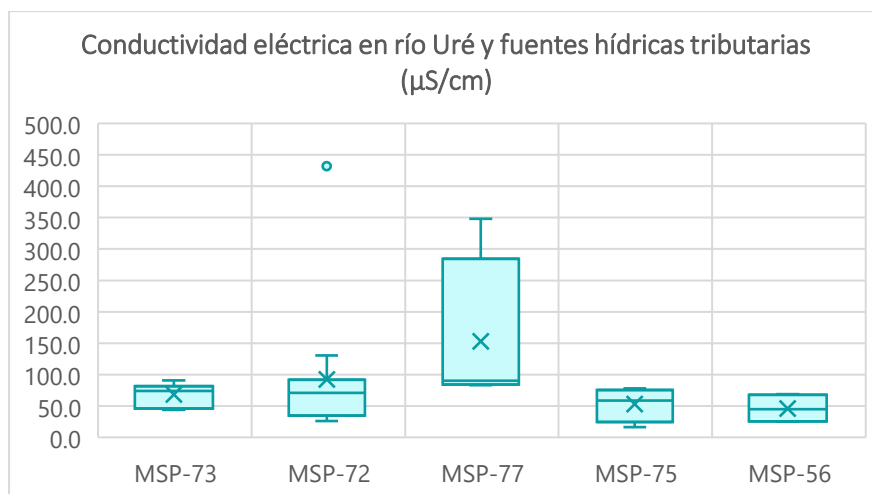




A continuación se presenta los resultados de calidad hídrica del río Uré y las quebradas y caños tributarios seleccionados.

a. Conductividad eléctrica

Figura 25. Conductividad eléctrica en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

La conductividad eléctrica de la quebrada San Antonio presentó en el punto MSP-73 aguas arriba de la mina CMSA, un rango entre 46,0 $\mu\text{S/cm}$ y 91,0 $\mu\text{S/cm}$. El punto MSP-72, aguas abajo de la mina CMSA, presentó un rango similar de 34,6 $\mu\text{S/cm}$ a 130,4 $\mu\text{S/cm}$, esta última medición corresponde al segundo semestre de 2014. Se identificó un dato de 432 $\mu\text{S/cm}$ en el punto MSP-72 que representa el 3% de los datos analizados y fue monitoreado en el segundo semestre de 2018, y que por su representatividad no se consideró un comportamiento usual del parámetro.

Con respecto al caño Zaino, solo se cuenta con datos de un único punto codificado como MSP-77, localizado a 1 km aguas arriba de la confluencia del caño Zaino en el río Uré. Los valores de conductividad eléctrica de este punto representan las variaciones más amplias de conductividad eléctrica de las series analizadas en la cuenca del río Uré, los rangos se encuentran entre 90,5 $\mu\text{S/cm}$ y 284,5 $\mu\text{S/cm}$.

Posteriormente el punto MSP-75 (sobre el río Uré, aguas abajo de la confluencia de la quebrada San Antonio y el caño El Zaino) presentó un rango de conductividad eléctrica menor que las fuentes hídricas anteriormente analizadas, 16,6 $\mu\text{S/cm}$ a 75,8 $\mu\text{S/cm}$. El punto MSP-56 que se encuentra localizado aguas abajo de los vertimientos de CMSA Embalse 1, Escoria Sur, Escoria Norte, piscina de lodo y el caño Torno Roto, y se denomina dentro del

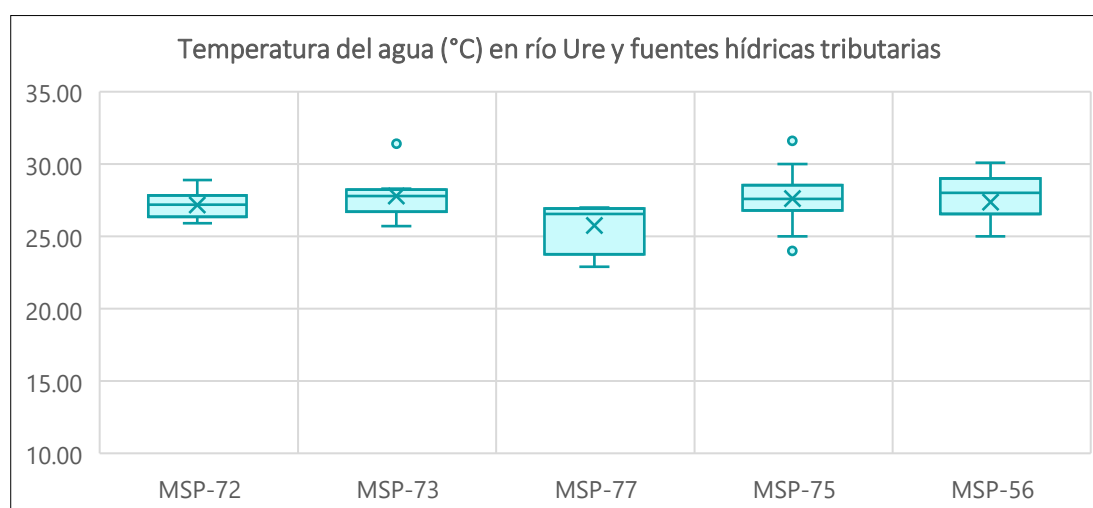


instrumento de manejo y control de CMSA como *aguas abajo de MPE*, presentó un rango similar de conductividad eléctrica de 25,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 67,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En ese sentido, se observa qué de las fuentes priorizadas, el caño Zaino realiza el mayor aporte de conductividad eléctrica al río Uré. Este comportamiento diferente a las demás fuentes hídricas se analiza en los literales posteriores.

b. Temperatura

Figura 26. Temperatura del agua en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

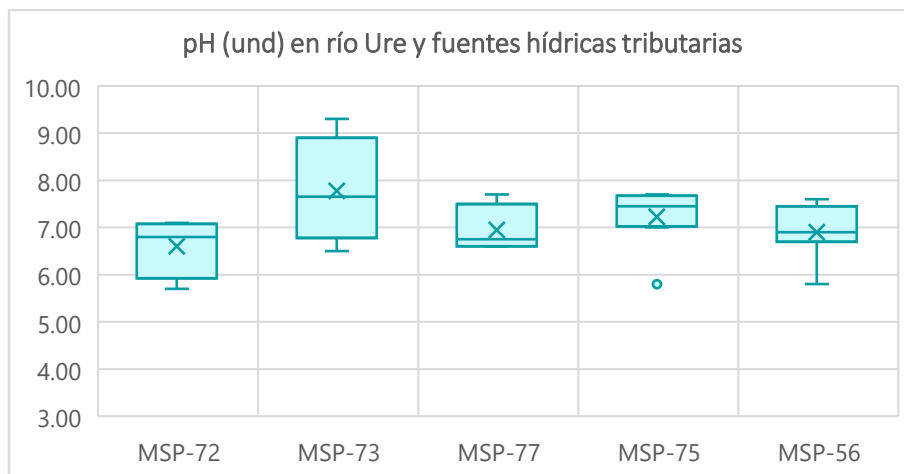
Con excepción del caño Zaino, se observa que la temperatura del río Uré (MSP-75 y MSP-56) y de la quebrada San Antonio (MSP-72 y MSP-73) maneja unos promedios similares (27,17 °C y 27,91 °C). Por su parte el caño Zaino presentó una temperatura promedio de 25,75 °C., se identificó un valor mínimo de a 22,9 °C. Los puntos MSP-73 y MSP-75 presentaron algunos registros que llegan a los 31 °C, pero estos son inferiores con respecto a la mayoría de los registros de temperatura.





c. Potencial de hidrógeno (pH)

Figura 27. pH en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

Con respecto al pH de la quebrada San Antonio, los puntos MSP-72 aguas arriba de la mina CMSA y MSP-73 aguas abajo de la mina CMSA, presentan una variación de pH neutro a pH alcalino, dado que este parámetro cambia de un rango de 5,92 und a 7,07 und a un rango de 6,67 und a 8,90 und.

En el mismo sentido, el caño Zaino presentó variaciones de pH neutro a moderadamente básico de 6,60 und y 7,50 und.

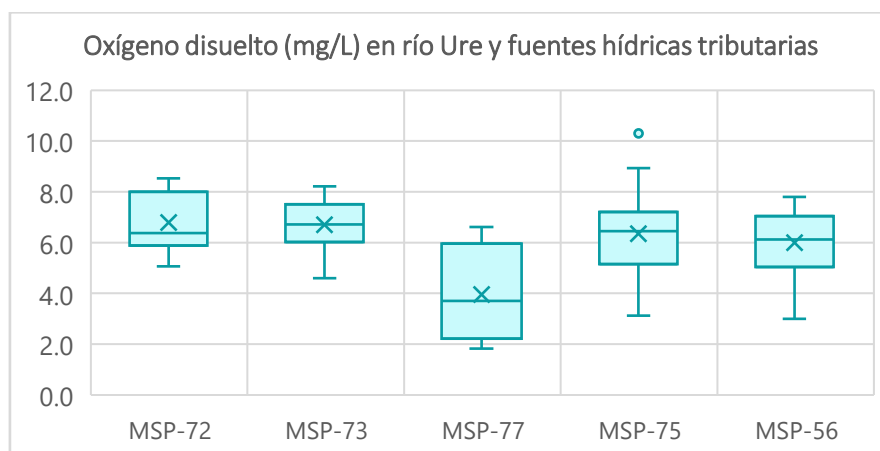
El río Uré en los puntos MSP-75 y MSP-56 presentó un comportamiento de pH más estable con tendencia neutra porque las variaciones no superan +/- 1 und de 7,0 und. Se identificó una única medición de 9,70 und en diciembre de 2021, esta representa el 4 % de los datos por lo cual se considera que no necesariamente es un dato usual del pH.





d. Oxígeno disuelto

Figura 28. Oxígeno disuelto en río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

El oxígeno disuelto de la quebrada San Antonio fue tanto en MSP-72 como MSP-73, en la totalidad de los monitoreos superior a 4,0 mg/l. Con respecto al río Uré en MSP-75 y MSP-56 se reiteran rangos superiores a 4,0 mg/l; dentro de la serie se identificaron registros de 10,0 mg/l en los puntos MSP-75 y MSP-56; no obstante, estas medidas que representan menos del 1 %.

Un caso diferente es el oxígeno disuelto del caño Zaino, que presenta un rango de 1,82 mg/l a 6,6 mg/l. Los datos muestran un comportamiento decreciente del oxígeno desde agosto a diciembre de 2021, pero con la serie analizada no es posible establecer si este comportamiento sucede cada año.

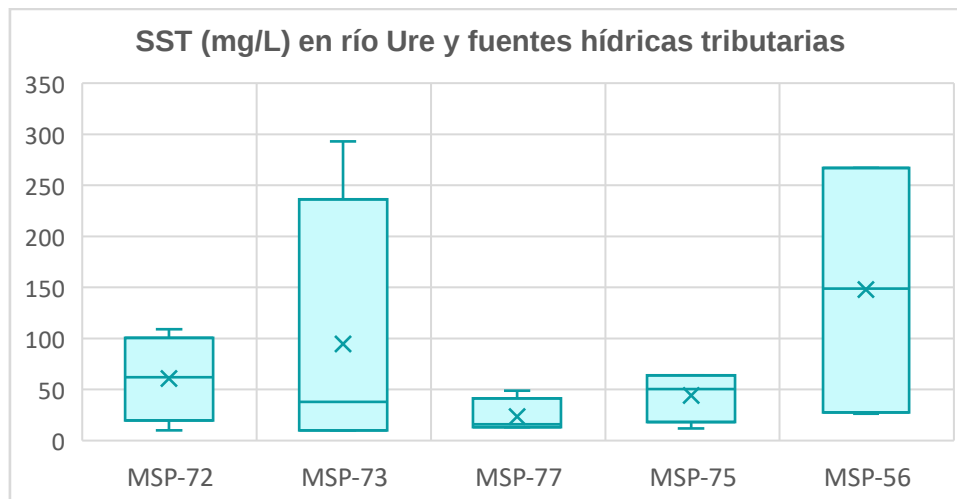
Dado que el comportamiento de caño Zaino difiere a las tendencias de oxígeno disuelto observadas en la quebrada San Antonio y el río Uré pese a pertenecer a la misma cuenca hidrográfica, se considera importante continuar realizando observaciones al oxígeno disuelto en los periodos de estiaje, transición y altos caudales, en sitios de monitoreo cuya comparación aguas arriba – aguas abajo permita generar conclusiones sobre la recuperación del caño con base en las acciones del Programa B7 *Programa de restauración de la cuenca hídrica del caño Zaino* del expediente LAV0002-00-2020.





e. Sólidos suspendidos totales (SST)

Figura 29. Sólidos suspendidos totales en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

La serie de datos de sólidos suspendidos totales presentó las variaciones más importantes en los puntos MSP-73 en la quebrada San Antonio y MSP-56 en el río Uré. En el caso de la quebrada San Antonio, en MSP-73 las concentraciones de SST varían de 10 mg/l a 293 mg/l; en el caso del río Uré en MSP-56, las concentraciones varían de 27,4 mg/l a 267 mg/l. De la serie de datos analizada, se observa que este incremento se registró en junio y agosto de 2021, coincidiendo con el periodo de menores caudales.

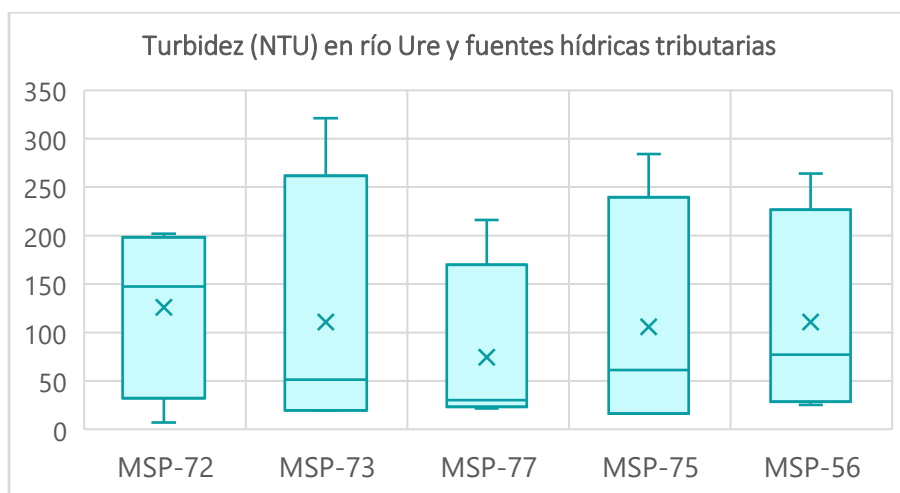
En el caso del caño Zaino, en 2021 no se registraron variaciones de sólidos suspendidos totales importantes si sus concentraciones se comparan con las variaciones del río Uré o de la quebrada San Antonio.





f. Turbidez

Figura 30. Turbidez en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

Con respecto a la turbidez se observa una amplia variación en todos los puntos. Considerando que las mediciones corresponden a cuatro datos por cada punto durante 2021 los valores máximos y mínimos tienen una mayor representatividad que los valores medios. Las concentraciones del punto MSP-75 y MSP-56 son similares.

Ahora bien, si se compara las variaciones de SST y turbidez en el río Uré, se observa que las medianas de SST en el río Uré (ver MSP-75 y MSP-56 en Figura 29) presentaron un comportamiento incremental en el sentido aguas arriba – aguas abajo del MEP; en cambio, para la turbidez, la variación de las medianas es decreciente en el sentido aguas arriba – aguas abajo del MEP. Lo observado en la serie de datos sugiere que la turbidez podría estar influenciada por el transporte de sedimentos diferentes a los sólidos suspendidos totales, como particular de mayor tamaño y se concluye la necesidad de complementar el análisis de estas variables en el siguiente Informe de Recursos Naturales del Alto San Jorge con los datos disponibles de sólidos sedimentables y sólidos totales.

g. Dureza total

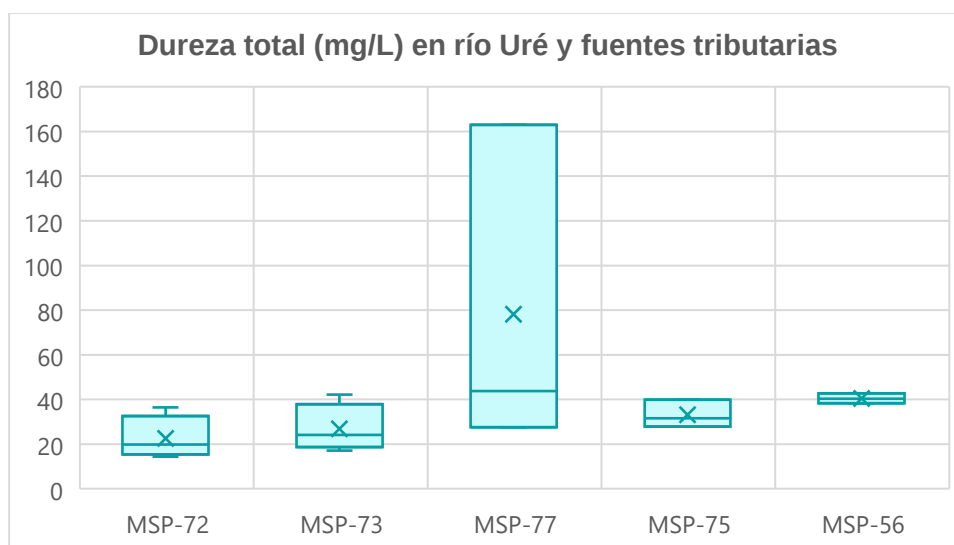
Con respecto a la dureza total, el río Uré presentó concentraciones bajas si se comparan con las concentraciones del río San Jorge en el punto MSP-83, considerando que es este sitio de monitoreo el que refleja la calidad del río San Jorge posterior a la confluencia del río Uré (la Figura 18 evidencia que la dureza total estuvo en un rango de 37 mg/l a 63 mg/l). En efecto, las concentraciones en la quebrada San Antonio (MSP-72 y MSP-73) y en el río Uré (MSP-75 y MSP-56) son inferiores a 40 mg/l.



Por el contrario, el caño Zaino sí presentó valores altos de dureza total para la serie de datos analizada, la Figura 31 presenta valores de 27,6 mg/l a 163 mg/l en el punto MSP-77, este último valor medido en diciembre de 2021, el último mes de transición al periodo de bajos caudales.

Como se observa en el análisis de sólidos suspendidos totales, turbidez y dureza total, los parámetros monitoreados sobre el caño El Zaino presentaron una dinámica distinta a las dinámicas de la quebrada San Antonio y el río Uré, este aspecto se analiza con detalle posterior a la sección de metales del río Uré.

Figura 31. Dureza total en el río Uré y fuentes tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

h. Metales

Arsénico

Tabla 9. Variación en las concentraciones de arsénico total (mg/l) en el río Uré y fuentes hídricas tributarias

MES/COD.ANLA	MSP-72	MSP-73	MSP-77	MSP-75	MSP-56
JUN – 2021	<0.05	<0.05	N.M.	N.M.	N.M.
AGS-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DIC- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT – 2022	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.



Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de arsénico se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 y octubre de 2022 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0.05 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso agrícola (0,1 mg/l) y uso pecuario (0,2 mg/l).

Cobalto

Tabla 10. Variación en las concentraciones de cobalto total (mg/l) en el río Uré y fuentes hídricas tributarias

MES/COD.ANLA	MSP-72	MSP-73	MSP-77	MSP-75	MSP-56
JUN – 2021	<0.05	<0.05	N.M.	N.M.	N.M.
AGS-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DIC- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Fuente: ANLA, 2024.

El parámetro cobalto se monitorea únicamente en los puntos localizados a la altura del proyecto minero del LAV0002-00-2020. Para el periodo de medición, el análisis indica que las concentraciones de cobalto fueron constantes e inferiores al límite de cuantificación del método de 0,05 mg/l.

Cromo total

Tabla 11. Variación en las concentraciones de cromo total (mg/l) en el río Uré y fuentes hídricas tributarias

ID ANLA	MSP-72	MSP-73	MSP-77	MSP-75	MSP-56
JUN - 2021	<0.05	<0.05	N.M.	N.M.	N.M.
AGS-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05
OCT- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DIC-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2022	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.

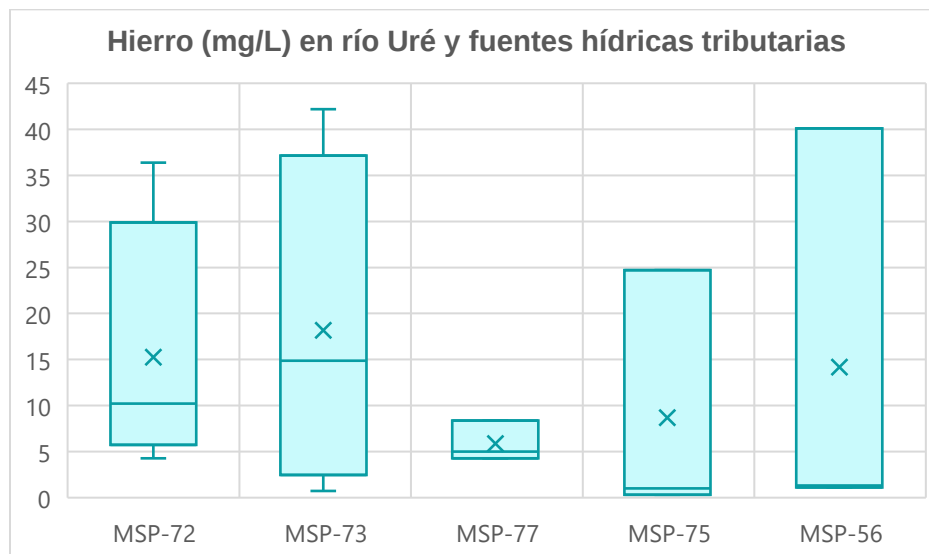
Para el periodo de medición el análisis indica que las concentraciones de cromo total fueron constantes e inferiores al límite de cuantificación del método de 0,05 mg/l.





Hierro total

Figura 32. Variación en las concentraciones de hierro total (mg/l) en el río Uré y fuentes hídricas tributarias



Fuente: ANLA, 2024.

La quebrada San Antonio presentó concentraciones similares de hierro total en los puntos MSP-72 (4,26 mg/l a 36,4 mg/l) y MSP-73 (0,70 mg/l a 42,2 mg/l). Estas concentraciones son similares a las presentadas en los puntos MSP-75 (0,3 mg/l a 24,7 mg/l) y MSP-56 (1,31 mg/l a 40,1 mg/l) en el río Uré. En ese orden, los datos evidencian que el aporte de hierro del río Uré fue inferior a las concentraciones del punto MSP-84 que presentó valores promedio de 25,6 mg/l y máximos que llegan a 58,0 mg/l, por lo cual pueden constituir una dilución natural de las concentraciones que transporta el río San Jorge a la altura del punto MSP-84.

El caño Zaino registró concentraciones inferiores a los demás puntos de monitoreo, con concentraciones que oscilan de 4,99 mg/l a 8,37 mg/l.

Níquel

Tabla 12. Variación en las concentraciones de níquel total (mg/l) en las fuentes hídricas del Alto San Jorge

ID ANLA	MSP-72	MSP-73	MSP-77	MSP-75	MSP-56
JUN - 2021	<0.05	<0.05	N.M.	N.M.	N.M.
AGS-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
DIC-2021	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
OCT- 2022	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.





Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de níquel total se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 y octubre de 2022 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0.05 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para uso agrícola (0,2 mg/l).

Mercurio

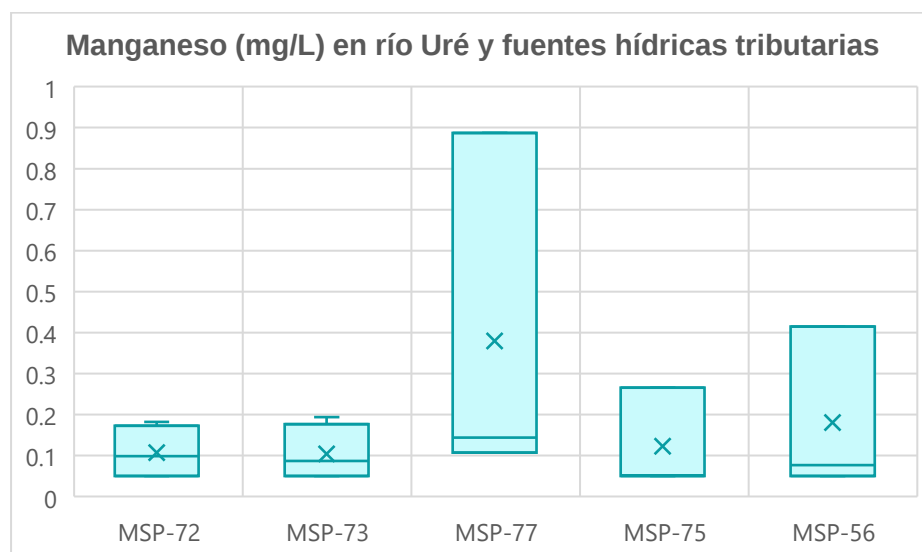
Tabla 13. Variación en las concentraciones de mercurio total (mg/l) en las fuentes hídricas del Alto San Jorge

ID ANLA	MSP-72	MSP-73	MSP-77	MSP-75	MSP-56
JUN - 2021	<0.002	<0.002	N.M.	N.M.	N.M.
AGS-2021	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
OCT- 2021	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
DIC-2021	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
OCT- 2022	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.

Fuente: ANLA, 2024.

Como se observa en la tabla anterior, las concentraciones de mercurio total se registraron constantes durante todos los monitoreos realizados en 2021 y octubre de 2022 e inferiores al límite de cuantificación del método que fue de 0.05 mg/l. Este valor es inferior al valor de referencia establecido en el Decreto 1076 de 2015 para tratamiento convencional para consumo humano (0,002 mg/l) y desinfección para consumo humano (0,002 mg/l).

Manganeso



Fuente: ANLA, 2024.



El río Uré presentó concentraciones similares entre el MSP-75 y MSP-56, +/- 0,4 mg/l. Con respecto a la quebrada San Antonio, las concentraciones en los puntos de monitoreo MSP-72 y MSP-73 son inferiores a 0,2 mg/l.

En ese orden, los datos evidencian que el aporte de manganeso del río Uré está en un rango inferior a las concentraciones del punto MSP-84 que presentaron valores promedio de 0,36 mg/l y máximos de 0,92 mg/l.

Por otra parte, Las concentraciones de manganeso son superiores en el caño el Zaino, en el cual se observa que la mediana de los datos es de 0,14 mg/l, y el rango de datos es 0,11 a 0,88 mg/l. Las concentraciones en los demás puntos de monitoreo (quebrada San Antonio y río Uré son inferiores a 0,4 mg/l.

En general, el río Uré, la quebrada San Antonio y el caño Zaino presentaron condiciones de fuentes hídricas con tendencia a una basicidad moderada. Esta característica es coincidente con la dureza total, dado que la dureza total suele otorgar características alcalinas al agua y, en fuentes hídricas, suelen estar asociadas a las formaciones rocosas del cauce (Sierra, 2011)¹.

Sobre lo anterior se consultó la información disponible del potencial de generación de ácido en el área donde se desarrollan las actividades de la mina CMSA, cuya influencia puede llegar a los cinco (5) puntos de monitoreo del análisis, encontrando lo siguiente:

“Geoquímicamente, los principales elementos y especies químicas muestran tendencias de pérdida o ganancia en relación con el intemperismo del perfil, con una distribución afín a este tipo de yacimientos. Hacia la parte superior de la secuencia existe empobrecimiento de MgO y SiO₂ y enriquecimiento de Fe y Al₂O₃. Este comportamiento se refleja en las correlaciones estadísticas que se presentan entre las concentraciones promedio (% peso) de los principales óxidos (ver tabla 5-6), donde se observa que el Fe muestra correlaciones negativas moderadas a fuertes con MgO y SiO₂, y positivas fuertes con Al₂O₃.

Mineralógicamente este comportamiento se mantiene y se manifiesta en la abundancia/ausencia de especies minerales como óxidos y silicatos. Según los resultados de la tabla 5-6, que reporta las correlaciones entre los promedios de las concentraciones de los minerales (%), se observan correlaciones positivas moderadas a fuertes del olivino con enstatita y serpentina, indicando la paragénesis del protolito entre los minerales primarios olivino y piroxeno, además de reflejar el proceso de hidratación que transforma la forsterita ferrosa en serpentina.

El olivino se correlaciona inversamente de forma moderada a fuerte con óxidos (u oxihidróxidos) de Fe, Mn, Cr-Mg, como magnesiocromita, goetita y pirolusita. Estos son abundantes en la parte superior del perfil indicando la alteración del olivino mediante procesos de hidratación e hidrólisis, la pérdida de sílice y el enriquecimiento de los

¹ Sierra, Carlos. *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. 2011.





horizontes limoníticos en óxidos. Las esmectitas, menas de Ni, presentan una correlación positiva moderada fuerte con sílice, indicando una paragénesis mineral entre los materiales (garnierita), y negativa moderada con magnetita. Las características geoquímicas y minerales presentes en el depósito indican la importancia de los aspectos estructurales, climáticos, topográficos y de drenaje en la génesis del depósito y la concentración del mineral. (...) Cursiva fuera del texto original.

Ahora bien, el caño Zaino presentó variaciones en magnitudes diferentes a las demás fuentes hídricas. A este punto es preciso señalar que los caños del sector 2 o sector norte que desembocan en el caño Zaino y antiguamente desembocaban en el río Uré, pueden estar efectuando una presión especial sobre esta fuente hídrica, sin embargo esta afirmación requiere ampliar el periodo de análisis de los datos ya que solo se contaron con datos de 2021 para esta fuente hídrica. Adicionalmente no es posible dimensionar si esta característica constituye una variación significativa de calidad hídrica ya que el río Uré y sus tributarios aún no cuentan con objetivos de calidad ni usos potenciales que hayan sido establecidos por la CVS.

Frente a la ejecución del *Programa de restauración de la cuenca hídrica del caño Zaino*, se consultaron los dos últimos seguimientos al expediente de la mina CMSA en el cual se evidenció que el Plan de Restauración se encuentra formulado por la Sociedad Cerro Matoso S.A., más aún sus actividades no han iniciado ya que la comunidad de Pueblo Flecha argumenta no estar de acuerdo con el contenido del Plan, el concepto técnico 4677 del 31 de julio de 2023 de ANLA señaló lo siguiente:

“Sin embargo, a la fecha de la visita no se ha dado inicio con las actividades planteadas en la ficha debido a que la comunidad de Pueblo Flecha argumenta no estar de acuerdo con el Plan de restauración del caño Zaino presentado por la Sociedad, tomando en cuenta que hubo cambio de Gobernador de Cabildo, Cerromatoso se encuentra realizando nuevamente actividades de concertación, comunicación y participación relacionadas con el documento objeto de revisión.

Dentro del proceso participativo con la comunidad que se realizó para la definición del Plan

de Restauración del Caño Zaino se realizó una delimitación de las coberturas existentes donde se identifica que el asentamiento de la comunidad de Pueblo Flecha no hace parte del área objeto de restauración y que la zona colindante se encuentra con cobertura de uso sostenible (pastos limpios).

(...)

Así mismo, dentro de la información presentada en el Estudio de Impacto Ambiental se encuentran los predios del proyecto y se valida que la zona de la cuenca se encuentra dentro de los predios propiedad de la empresa Cerromatoso S.A. Los puntos son donde se tomo registro fotográfico.





(...)

En los recorridos de algunas zonas del área de la cuenca del caño Zaino, que se encuentran en predios de CMSA y áreas de la comunidad de Pueblo Flecha, se evidencio impacto sobre la cuenca por cambio en el uso del suelo, en la zona oriental del asentamiento de Pueblo Flecha se identificó arado del área para establecimiento de cultivos, seguidamente en el sector del jagüey o reservorio se evidencia basura y residuos sólidos como bolsas de jabón y restos de ropa. Cursiva y subrayado fuera de texto original.

De acuerdo con lo expuesto por el concepto técnico de seguimiento, las actividades de arado observadas en el caño El Zaino podrían exponer el material del yacimiento geológico a la intemperie, contribuyendo al incremento de las variables analizadas.

V. CONCLUSIONES

El río San Jorge presentó características estables en la calidad del agua a la altura del proyecto del expediente LAM4656 Central Térmica GECELCA (MSP-03 y MSP-01). Es importante tener en cuenta que en dicho tramo el análisis estuvo limitado a un único dato tomado en octubre de 2022, periodo de altos caudales, por lo cual se considera necesario continuar con la captura de datos en las temporalidades señaladas por la estrategia de monitoreo, es decir, como mínimo febrero y octubre de cada año.

Para todo el río se observó: condiciones de oxígeno disuelto adecuadas para la vida acuática aerobia de acuerdo con los criterios de calidad de preservación de flora y fauna que establece el artículo 18 del Decreto 703 de 2018, que modifica el artículo 2.2.3.3.9.10 del Decreto 1076 de 2015 para el agua fría dulce, 5,0 mg/l; para agua cálida dulce, 0,5 mg/l y para agua marina y estuarina 4,0 mg/l; pH que varía de neutro a alcalino y niveles de conductividad eléctrica inferiores a 120 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A partir del punto MSP-84, el punto localizado en el río San Jorge aguas abajo del río San Pedro, aumentó la disponibilidad de datos. Si bien se observó que las condiciones favorables de oxígeno disuelto persisten de MSP-84, aguas abajo del río San Pedro, a MSP-82, aguas abajo de la quebrada El Tigre y el pH continúa variando de neutro a alcalino, se observaron cambios en los parámetros sólidos suspendidos totales y turbidez. En el punto MSP-84 se presentaron los mayores valores de toda la serie de datos del río San Jorge por lo cual se presume aportes del río San Pedro, esta característica es respaldada por los resultados del río San Pedro, cuyos niveles de conductividad eléctrica alcanzaron 386 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 2019, superiores a los niveles de conductividad eléctrica del río San Jorge que no superaron los 125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en toda la serie de datos.

Sobre estas condiciones es preciso señalar dos aspectos. En primer lugar, la disponibilidad de datos del río San Pedro fue bastante limitada por lo cual no es posible afirmar ni





desconocer que las variaciones del MSP-84 en el río San Jorge cuyos monitoreos fueron principalmente en 2021 hayan sido a causa del aporte del río San Pedro, cuyos monitoreos son de 2019 y 2022. En ese sentido, se considera necesario vincular series de monitoreo más amplias del río San Pedro al análisis.

En segundo lugar, sobre el río San Pedro la única actividad autorizada por ANLA es el rebose del vertimiento del expediente LAM4656 Central Térmica Gecelca. Al respecto es importante mencionar que según el concepto técnico de seguimiento 009426 del 28 de diciembre de 2023, efectuado por la ANLA en el periodo de 2018 a 2021 al proyecto de Gecelca, los monitoreos a la entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales reflejaron que los sólidos suspendidos totales estuvieron en un rango de $<1,2$ mg/l a 25,8 mg/l; esta concentración cumple el límite establecido por la Resolución 631 de 2015 para el sector energía de 90 mg/l.

Así lo expuesto, se considera importante comunicar lo observado a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Sinú – CVS, y consultar acerca de otras actividades autorizadas por la CVS; factores de presión exentos de licenciamiento y/o permiso ambiental identificados sobre el recurso hídrico y bases de datos de calidad del agua que la Corporación tenga disponible sobre el río San Pedro.

Con respecto a la quebrada El Tigre se observó un incremento en el punto MSP-57, aguas arriba del vertimiento del embalse No. 2 de la mina CMSA. Si bien se debe priorizar el parámetro dureza total en el análisis de cumplimiento de la Resolución 631 de 2015 monitoreos del embalse No. 2 por parte de la mina CMSA, no se considera necesario establecer una alerta ya que el punto MSP-82 no presentó variaciones importantes en la dureza total en ninguno de los puntos observados.

Con relación a las predicciones de los modelos ejecutados en 2020 y 2021 sobre el río San Jorge para los parámetros dureza total y pH por esta Autoridad, se observó que espacialmente, la dureza total decreció del punto MSP-03 al MSP-01, en inmediaciones del proyecto Central Térmica Gecelca pero aumentó desde la confluencia del río San Pedro (MSP-84) a la confluencia de la quebrada El Tigre (MSP-82). No obstante, no es posible confirmar o desconocer el comportamiento decreciente de las concentraciones de dureza total multianuales hasta tanto no se cuente con una serie de datos más amplia. Por su parte, el pH presentó un comportamiento incremental de neutro a alcalino en todos los puntos de monitoreo que excede a los objetivos de calidad de la CVS, lo cual sugiere que este comportamiento está relacionado con la variación intra-anual de caudales, pero requiere de una serie de datos más amplia que confirme esta dinámica. En general, se considera necesario incluir en los futuros ejercicios de modelación del río San Jorge, simulaciones que permitan generar conclusiones con base en el régimen hidrológico.

Con respecto a los objetivos de calidad establecidos por la Resolución 26969 del 20 de enero de 2020 de la Corporación, se observó que la meta fijada para dos años se cumple en la tendencia de los parámetros temperatura y oxígeno disuelto; caso contrario, para los parámetros pH (8,0 und) y sólidos suspendidos totales (150 mg/L),





Por otra parte, el río Uré y la quebrada San Antonio presentaron condiciones de calidad hídrica similares entre aquellos puntos localizados aguas arriba de la operación de la mina CMSA como el punto MSP-72, y los demás puntos MSP-73, MSP-75 y MSP-56. En lo relacionado con oxígeno disuelto y pH, el río Uré y sus tributarios presentan las mismas características del río San Jorge.

No obstante, el caño Zaino presentó características diferentes al río Uré y a la quebrada San Antonio; sobre el punto MSP-77 (único punto de monitoreo del caño Zaino); se evidenciaron concentraciones de oxígeno disuelto que decaen a 2,0 mg/l en algunos datos, no obstante, la tendencia se encuentra por encima de 4,0 mg/l.. También se observan concentraciones de dureza total de 160 mg/l, superior a las concentraciones más altas de dureza total de los demás puntos de monitoreo del río Uré y sus tributarios que no superan 42,7 mg/l. Este aporte podría estar relacionado con la confluencia del caño Zaino y el canal que conecta con la mina CMSA, pero no es posible confirmarlo ya que sólo se cuenta con un punto de monitoreo y datos del 2021. Lo expuesto destaca la necesidad de establecer puntos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo de las obras de restauración que deriven de la implementación del Programa B7 *Programa de restauración de la cuenca hídrica del caño Zaino* del expediente LAV0002-00-2020 una vez CMSA de inicio a las actividades de restauración; cabe señalar que en el último seguimiento al proyecto se evidenció actividades de arado de tierra ajenas al proyecto que podrían intensificar el comportamiento de las citadas variables sobre el caño El Zaino.

En referencia al modelo ejecutado en 2020 y 2021 sobre el río Uré, la predicción de incremento sobre la turbidez no se observó en los puntos MSP-75 y MSP-56, sin embargo no es posible establecer que el incremento no suceda ya que sólo se contó con datos de 2021 en estos puntos de monitoreo. En cuanto al manganeso, sí se observa un comportamiento incremental conforme se desciende por la cuenca, tanto en las variaciones de los rangos como en los valores máximos de cada punto de monitoreo. Se concluye también la necesidad de incluir en la modelación escenarios diferenciales para los periodos hidrológicos multianuales y ampliar las observaciones de esta dinámica cada año.

En general, las condiciones de pH alcalino, dureza total, hierro y manganeso se relacionaron con el contacto del agua y el material geológico en toda la cuenca del Alto San Jorge, con excepción del caño El Zaino que presentó concentraciones más altas que los demás tributarios. Por el contrario, se considera necesario ampliar el análisis sobre el comportamiento del transporte de sólidos y turbidez en todas las fuentes hídricas.

Sobre metales en agua se identificó que durante 2021 las concentraciones de arsénico, cobre, cromo total, níquel y mercurio tienen una tendencia constante e inferior al límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados para el análisis para todos los puntos de monitoreo.

