



Autoridad Nacional
de Licencias Ambientales

INFORME DEL ESTADO DE LOS RECURSOS NATURALES: ESTRATEGIA DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA DEL RÍO RANCHERÍA- DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

*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 de
Implementación Regional

Leonardo Andrés Malagón Aldana
Revisor
Componente Biótico

Carolina Dueñas Berrocal
Profesionales
Componente Hídrico Superficial

Wilfredo Marimón Bolívar
Profesionales
Centro de Monitoreo



Contenido

GLOSARIO	4
INTRODUCCIÓN	5
1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL.....	7
1.1 Condición de Lugar	15
1.2 Condición de Tiempo.....	15
1.3 Condición de Modo	16
2 ANÁLISIS REGIONAL DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL.....	16
2.1 Información Analizada	16
2.2 Resultados.....	17
2.2.1 Condiciones hidrometeorológicas observadas	17
2.2.2 Cuerpos de agua objeto de análisis.....	18
2.2.3 Objetivos de calidad definidos en los cuerpos de agua objeto de análisis	21
2.2.4 Resultados estadísticos y tendencia de parámetros de calidad de agua por cuerpo de agua.....	22
2.2.5 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio.....	61
2.2.6 Análisis resultados hidrobiológicos	70
3 Modelación de calidad de agua	73
3.1 Insumos y configuración del modelo.....	74
3.2 Resultados y evaluación de escenarios de calidad del agua	77
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
4.1 Conclusiones	84
4.2 Recomendaciones de carácter regional dirigidas a SSLA.....	87
4.3 Recomendaciones de carácter regional para externos (Si aplica)	89
5 BIBLIOGRAFIA	90
6 ANEXOS	91





GLOSARIO

ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CORPOGUAJIRA	Corporación Autónoma Regional de La Guajira
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
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
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

La estrategia de monitoreo regional del componente hídrico superficial en la cuenca del Río Ranchería del departamento de La Guajira 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 socioeconómicas desarrolladas en la zona del departamento de La Guajira, lo que ofrece a la Autoridad Ambiental un sustento técnico esencial para determinar si existe o no la acumulación de impactos sobre el recurso hídrico superficial en la región y la eventual necesidad de imponer nuevas restricciones ambientales, que se consideren pertinentes, a los proyectos de competencia de la ANLA.

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

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.

El departamento de La Guajira ha sido priorizado por esta Autoridad Nacional por la alta sensibilidad del componente hidrológico (condiciones de escasez de agua y baja capacidad de retención), del medio socioeconómico (presencia de comunidades étnicas) y el potencial minero energético que localiza a uno de los mayores proyectos mineros del país, que es el Complejo Minero El Cerrejón (Proyecto de Interés Nacional y Estratégico – PINE mediante el documento CONPES 3762 del 20 de agosto de 2013).

Con este propósito, en el año 2018 se elaboró el Reporte de Alertas de la Zona Hidrográfica Caribe – Guajira, que abarca en su totalidad el departamento de La Guajira y las subregiones Norte del Cesar y Distrito de Santa Marta de los departamentos de Magdalena y Cesar. Actualmente, este documento cuenta con dos actualizaciones publicados en los años 2020



y 2022 y concluyen que, para zonas puntuales, se pueden obtener potenciales categorías de impactos asociadas a la alteración de disponibilidad y calidad de los componentes hídrico superficial, subterráneo, de calidad del aire, conflictividad social, alteración y cambios en el paisaje, alteración en rutas de migración y hábitat de la fauna. A partir de estos se puede afirmar que el departamento de La Guajira es un espacio potencial para la ocurrencia de impactos acumulativos y sinérgicos, por lo cual la ANLA continuará fortaleciendo el seguimiento ambiental de los instrumentos de manejo y control ambiental de su competencia.

Es importante destacar que en la cuenca del río Ranchería, la Corporación Autónoma Regional de La Guajira - CORPOGUAJIRA ha adelantado la formulación de instrumentos de planificación del recurso hídrico superficial, destacando el POMCA del río Ranchería adoptado mediante el Acuerdo 004 del 29 de julio de 2011, la definición de objetivos de calidad para el periodo 2017 – 2029, mediante la Resolución 1319 del 2016 y la declaración del río Ranchería, su cuenca y sus afluentes, como una entidad sujeta de derechos para su conservación, mantenimiento y restauración, mediante la Ley 2415 de 2024¹.

Es así como 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 (CORPOGUAJIRA), por lo que, en cada caso se evalúa el cumplimiento de estos objetivos. 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 cuenca del Río Ranchería del departamento de La Guajira, 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/o colectivos, así como la salvaguarda de territorios y comunidades. En este sentido, para el área de estudio del presente informe, al momento de su construcción se identifican dos (2) órdenes judiciales proferidas por la Corte Constitucional bajo radicado No. SU698 del 2017 y

¹ <https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Leyes/30052911>.

T614 del 2019, cuyas órdenes se encuentran en ejecución y son objeto de seguimiento por parte del ente judicial.

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. al momento de la construcción del presente documento, para el área regionalizada no se registran procesos sancionatorios vigentes relacionados con el componente hídrico superficial.

1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL

La estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Ranchería constituye un proceso de cuatro (4) fases como se mencionó en la parte introductoria, derivando de un esquema de monitoreo configurado como red, considerando que sus condiciones de tiempo, modo y lugar se planearon según un objetivo común como el fortalecimiento de datos e información para identificar, seguimiento y gestión de impactos acumulativos.

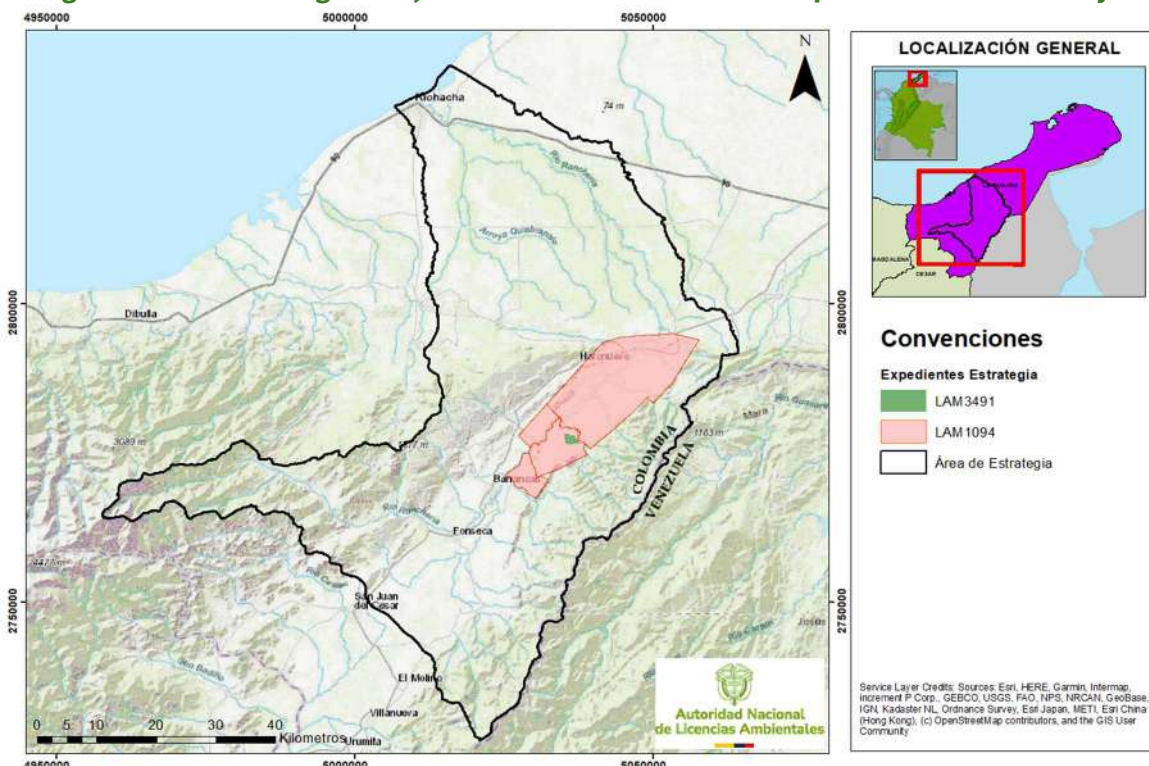
Por su parte, el análisis de impactos acumulativos en el componente hídrico superficial requiere como mínimo, un seguimiento sistemático de la dinámica del recurso que contemple su variación mensual multitemporal enmarcada en el régimen hidrológico, es decir, en la variación de oferta del recurso intra-anual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

Teniendo en cuenta lo anterior, la red de monitoreo específica del sector minero en la cuenca del río Ranchería, además de aportar a la estructuración de una línea base para el área de estudio con la información suficiente para establecer la agregación e interacción de impactos de los diferentes usuarios del recurso hídrico superficial, busca también contribuir al conocimiento regional de la dinámica hidrológica, con un mayor nivel de detalle para la Autoridad Ambiental Regional en torno a las actividades mineras, considerando la necesidad identificada por CORPOGUAJIRA en el POMCA del río Ranchería de establecer la presión ejercida por diferentes sectores que hacen uso y aprovechamiento del recurso hídrico (CORPOGUAJIRA, 2011) y la alta intervención del territorio en la zona de estudio.

A continuación, se presenta las características más relevantes de la formulación de la estrategia y que se describen en el *“Documento Técnico Estrategia Regional de Monitoreo del Recurso Hídrico Superficial Para la Cuenca del Río Ranchería – Departamento de La Guajira -*

Estandarización de Parámetros y Frecuencias de Monitoreo de Aguas superficiales para los proyectos en la Cuenca del río Ranchería – Departamento de la Guajira” elaborado por el Grupo de Regionalización de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales de esta Autoridad Nacional en el año 2018.

Figura 1 Localización general, Cuenca del Río Ranchería – Departamento de La Guajira



Fuente: ANLA, 2025.

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

EXPEDIENTE	NOMBRE PROYECTO	TITULAR LICENCIA	RESOLUCIÓN (1)	ESTADO DE LA OBLIGACIÓN
LAM1094	Explotación de Carbón Bloque Central del Cerrejón zona Norte, mina El Cerrejón (áreas integradas)	CARBONES COLOMBIANOS DEL CERREJÓN S.A.	Resolución No 01596 Del 29 de septiembre de 2020	Vigente
LAM3491	Proyecto minero de explotación de carbón Mina Caypa	CARBONES COLOMBIANOS DEL CERREJÓN S.A.	Resolución 1105 del 24 de junio de 2020	Vigente

(1) Impone obligación de realizar un diagnóstico y proponer una red de monitoreo regional

Fuente: ANLA, 2025.

Con relación al proyecto LAM1094, en las consideraciones del análisis de cumplimiento de la Ficha S-01. Monitoreo de aguas del Plan de Seguimiento y Monitoreo del Concepto Técnico No. 6332 del 14 de octubre de 2021 se mencionó lo siguiente:

“En el marco del seguimiento del Informe de Cumplimiento No.15 del proyecto EXPLOTACIÓN DE CARBÓN BLOQUE CENTRAL DEL CERREJÓN ZONA NORTE. MINA EL CERREJÓN - expediente LAM1094, el grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo procedió a realizar la revisión correspondiente del monitoreo que actualmente realiza el proyecto, con el fin de homologar y/o ajustar el monitoreo actual que realiza el proyecto para dar alcance a la Estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Ranchería, cuyo objetivo es el fortalecimiento del monitoreo regional que realizan los titulares de los instrumentos de manejo y control de competencia de la ANLA para obtener la captura de información necesaria para evaluación de impactos acumulativos (...).

El proyecto El Cerrejón cuenta con una amplia red de monitoreo localizada sobre el río Ranchería (14 puntos de monitoreo); arroyos afluentes al río Ranchería (9 arroyos con 15 puntos de monitoreo) y lagunas de sedimentación (11 puntos de monitoreo).

Adicionalmente, una red de monitoreo de hidrobiológicos compuesta por 22 puntos de monitoreo, de los cuales seis (6) puntos se localizan a lo largo del cauce del río Ranchería.”

Con relación a la comparación de la estrategia de monitoreo regional y las obligaciones de la ficha de seguimiento y monitoreo previamente mencionada, se concluye lo siguiente:

- *“Los puntos de monitoreo codificados por el proyecto como RIO102, RIO109, RIO111, RIO113 y RIO114 coinciden con el objetivo de localización de seis (6) puntos de monitoreo de la Estrategia.*
- *Los puntos de monitoreo codificados por el proyecto como ARRBRU, ARRBRUA, ARRCAURI, ARRPALO, ARRPALOAR y ARRSEQUION, coinciden con el objetivo de localización de seis (6) puntos de monitoreo sobre arroyo Bruno, arroyo Caurina, arroyo Palomino y arroyo Cequiión, establecidos en la Estrategia.*
- *El punto RIO113A establecido como obligación de monitoreo al proyecto mediante el artículo 2 de la Resolución 1108 de 2020 aporta información relevante para la Estrategia de monitoreo en virtud de la orden sexta de la Sentencia T-614 de 2019, por lo cual se considera necesario incluir dicho punto dentro de la Estrategia.*

En ese sentido, se considera que los puntos sobre los cuales el proyecto monitorea el río Ranchería y sus tributarios son suficientes para el análisis regional y de impactos acumulativos bajo las condiciones actuales del proyecto, en ese sentido no se generan requerimientos relacionados con nuevos puntos de monitoreo.”



(Subrayado fuera de texto)

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis de la estrategia de monitoreo tomará como referencia la información de monitoreo reportada y disponible del proyecto minero El Cerrejón (con expediente LAM1094) para el río Ranchería y los tributarios priorizados en la estrategia.

Ahora bien, con relación al proyecto LAM3491, en revisión de los Conceptos Técnicos de Seguimiento elaborados desde el año 2021 (posterior a la ejecutoria del Acto Administrativo que acogió el monitoreo de la estrategia) se identificó que desde el Informe de Cumplimiento Ambiental – ICA 16 correspondiente al año 2021, el titular de la Licencia Ambiental ha venido monitoreando y reportando en este instrumento los resultados de los monitoreos, no obstante, es de indicar que CARBONES COLOMBIANOS DEL CERREJÓN S.A.S. solicitó a esta Autoridad Nacional dar continuidad al plan de explotación minera a cielo abierto y subterráneo del proyecto minero Caypa, en el sentido de ampliar el cronograma de ejecución de la actividad minera hasta el año 2023 para la minería a cielo abierto y hasta el año 2026 para la minería subterránea. En este sentido, posterior a la culminación de la etapa de operación el titular del instrumento de control y seguimiento ambiental deberá iniciar las actividades de desmantelamiento y abandono, de acuerdo con la Resolución 1765 del 5 de septiembre de 2006, modificada por la Resolución 572 del 18 de julio de 2012 (aclarada por Resolución 112 del 7 de febrero de 2014) y modificada por Resolución 175 del 26 de febrero de 2014, donde se establecen obligaciones específicas relacionadas con el Plan de Cierre del proyecto.

Por lo anterior, el análisis de la estrategia de monitoreo también tomará como referencia la información de monitoreo reportada y disponible del proyecto minero Caypa (con expediente LAM3491) para el río Ranchería y el Arroyo Cerrejón.

En la siguiente tabla (Tabla 2) se listan las coordenadas de los veinte (20) sitios de monitoreo definidos en la cuenca del río Ranchería en la estrategia inicial.

Tabla 2. Puntos y características de la propuesta de estrategia de monitoreo de agua superficial en la cuenca del río Ranchería

CÓDIGO	EXPEDIENTE	NOMBRE CUERPO DE AGUA	OBSERVACIONES	COORDENADA ESTE *	COORDENADA NORTE *
REM-001	LAM1094	Río Cerrejón	Aguas abajo del arroyo Los Estados, permite medir las características de la confluencia de las dos corrientes.	1156069.89	1711787.94
REM-002	LAM1094	Arroyo El Cequión	Antes de su influencia del sector aguas abajo de Laguna No identificada.	1158131.02	1712245.98



CÓDIGO	EXPEDIENTE	NOMBRE CUERPO DE AGUA	OBSERVACIONES	COORDENADA ESTE *	COORDENADA NORTE *
			Concentración de actividades mineras.		
REM-003	LAM1094	Arroyo Galluso	Previo a la confluencia con el río Ranchería.	1157852.19	1719298.87
REM-004	LAM1094	Arroyo La Ceiba o Caurina	Previo a la confluencia con el río Ranchería. Aguas abajo vertimientos.	1158298.03	1719463
REM-007	LAM1094	Rio Ranchería	Permite realizar el balance hídrico sobre el río Ranchería entre A. Galluso y A. La Ceiba.	1158078.17	1719512.35
REM-005	LAM1094	Arroyo Bruno	Mide el caudal conjunto del arroyo Bruno y carada Tamborana.	1168121.27	1726621.49
REM-008	LAM1094	Rio Palomino	Aguas abajo de la confluencia con el Río Mapurito. Antes del proyecto Cerrejón.	1147240.29	1702263.89
REM-006	LAM1094	Rio Palomino	Aguas abajo de su desembocadura con el río Ranchería.	1144567.9	1705036.18
REM-009	LAM3491	Rio Cerrejón	Aguas abajo de arroyo Salado y aguas abajo de la vía. Antes de permisos de vertimiento. Concentración de actividades mineras.	1156154.02	1710680.19
REM-010	LAM3491	Rio Cerrejón	Previo al arroyo La Trampa. Permite medir condiciones previas al río Ranchería. Aguas abajo de vertimientos.	1153546	1714583
REM-011	LAM1094	Rio Ranchería	Aguas arriba del río Cerrejón.	1150409.97	1714362.64
REM-012	LAM1094	Rio Ranchería	Aguas abajo del río Cerrejón.	1153740	1716469
REM-013	LAM1094	Arroyo El Cequión	Antes de aportar a río Ranchería. Aguas abajo tajo.	1156293.58	1718082.02
REM-014	LAM1094	Arroyo La Ceiba o Caurina	En cercanías al límite superior del área de influencia del proyecto.	1160121.01	1715818.72
REM-015	LAM1094	Rio Ranchería	Cercana a los tajos y previo a las lagunas.	1158064.94	1720005.13
REM-016	LAM1094	Arroyo Seco	Permite conocer la calidad aguas abajo de población Los Remedios. Concentración actividades mineras.	1167060.9	1720418.86
REM-017	LAM1094	Rio Ranchería	Aguas arriba de la confluencia del Arroyo El Tabaco, reúne los efectos de lagunas y paso vehículo.	1161184.22	1723346.06

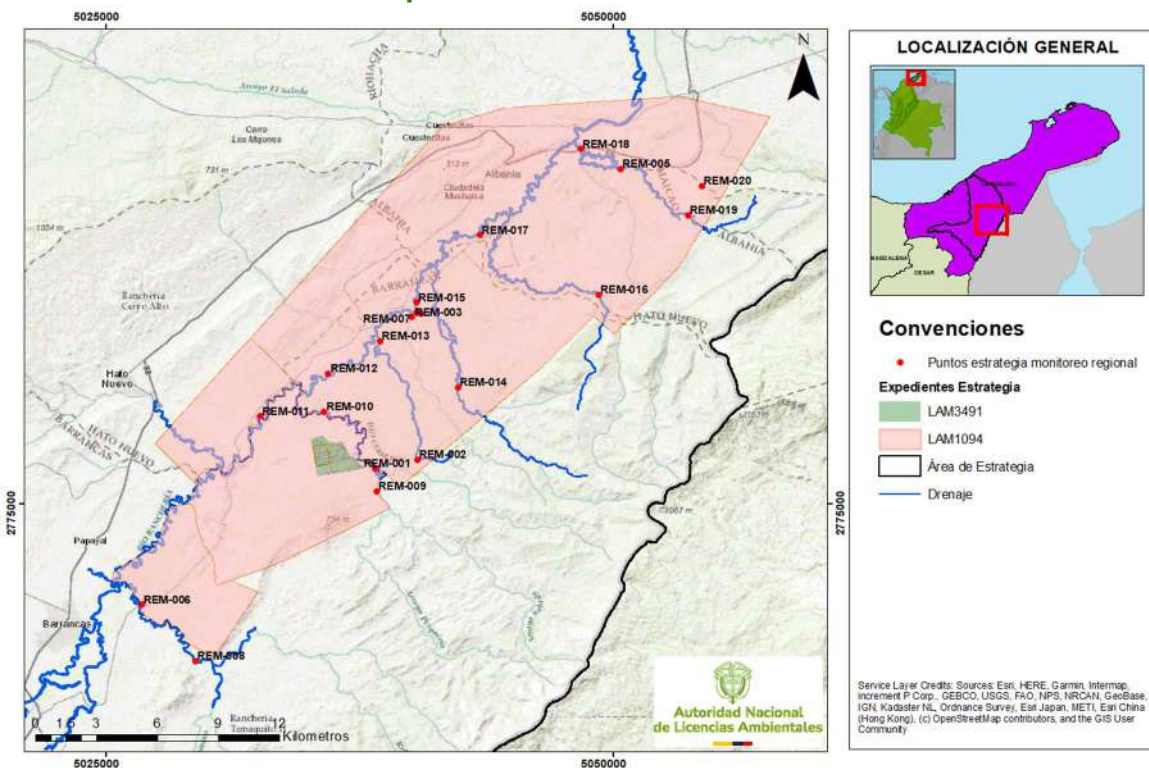


CÓDIGO	EXPEDIENTE	NOMBRE CUERPO DE AGUA	OBSERVACIONES	COORDENADA ESTE *	COORDENADA NORTE *
REM-018	LAM1094	Arroyo Bruno	Previa a la confluencia con el río Ranchería.	1166135.71	1727609.39
REM-019	LAM1094	Arroyo Bruno	Inicio de proyecto, cerca de la vía de comunicación. En Estación IDEAM ESPERANZA LA HDA. Concentración actividades mineras.	1171457	1724358
REM-020	LAM1094	Cañada Tamborana	Inicio de proyecto, cerca de la vía de comunicación, aportante al arroyo Bruno. Concentraciones actividades mineras.	1172124.15	1725814.6

* Coordenadas MAGNA SIRGAS Origen Único Nacional
Fuente: ANLA, 2018.

Asimismo, en la Figura 2 Localización general, se presenta la espacialización de los puntos listados anteriormente:

Figura 2 Localización general de los puntos de monitoreo de la estrategia del recurso hídrico superficial de la cuenca del río Ranchería



Fuente: ANLA, 2018. Adaptado por ANLA, 2025.



Para el presente documento de análisis se toman otros puntos adicionales teniendo en cuenta la información disponible actualizada a 2024 tal como se muestra en la siguiente tabla, los cuales podrán ser utilizados para el seguimiento posterior a la estrategia.

Tabla 3. Puntos y características de la propuesta de estrategia de monitoreo de agua superficial en la cuenca del río Ranchería 2025

CODIGO GDB	CÓDIGO ESTRATEGIA	DRENAJE	EXPEDIENTE	OBSERVACIONES	COORDENAD A ESTE*	COORDENAD A NORTE*
ARRPALO	REM-001	Arroyo Palomino	LAM1094	Arroyo Palomino Abajo	5025931.18	2771189.05
ARRPALOAR	REM-002	Arroyo Palomino	LAM1094	Arroyo Palomino Arriba	5030299.75	2766855.71
ARRCER	REM-003	Arroyo Cerrejón	LAM1094	Arroyo Cerrejón Arriba	5038555.15	2775358.37
ARRCERA	REM-004	Arroyo Cerrejón	LAM1094	Arroyo Cerrejón Abajo	5038148.37	2777041.06
ARRSEQUION	REM-007	Arroyo Cequiún	LAM1094	Arroyo Cequiún	5038931.85	2782375.86
ARRCAURI	REM-005	Arroyo Caurina	LAM1094	Arroyo Caurina	5041208.59	2784259.31
ARRTAB	REM-008	Arroyo Tabaco	LAM1094	Arroyo Tabaco Abajo	5044548.62	2788656.85
ARRTABE	REM-006	Arroyo Tabaco	LAM1094	Arroyo Tabaco Arriba	5045731.57	2785883.27
ARRBRU	REM-009	Arroyo Bruno	LAM1094	Arroyo Bruno - Aguas Arriba	5054525.00	2788635.51
ARRBRUA	REM-010	Arroyo Bruno	LAM1094	Arroyo Bruno - Aguas Abajo	5050175.18	2791605.88
Río 116	REM-011	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Fonseca	5015650.53	2762209.20
Río 119	REM-012	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Puente Guajiro	5021394.09	2765390.80
Río 111	REM-013	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Después de confluencia con Palomino	5025454.27	2771354.60
Río 112	REM-014	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Bocatoma Oreganal	5027299.36	2773131.79
Río 113	REM-015	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Saraita	5028199.39	2774124.82
Río 113 A	REM-016	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Provincial	5028009.00	2774743.00
Río 114	REM-017	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Cerrejón Central	5029027.13	2775425.04
Río 115	REM-018	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Puerto Arturo	5032962.88	2779295.85
Río 102	REM-019	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Cerritos	5034292.92	2780984.57
Río 103	REM-020	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Guamito	5036316.12	2781785.75

CODIGO GDB	CÓDIGO ESTRATEGIA	DRENAJE	EXPEDIENTE	OBSERVACIONES	COORDENAD A ESTE*	COORDENAD A NORTE*
Rio 106	REM-021	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería - Tajo Oeste Batea	5041951.47	2787961.82
Rio 107	REM-022	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería – Albania	5045498.69	2789721.95
Rio 109	REM-023	Río Ranchería	LAM1094	Río Ranchería – Cuestecita	5048814.52	2793569.75
REM-029	REM-024	Arroyo Cerrejón	LAM3491	Arroyo Cerrejón Arriba	5034571.12	2779512.07
REM-032	REM-025	Arroyo Cerrejón	LAM3491	Arroyo Cerrejón Abajo	5038903.90	2775050.16
REM-016	REM-026	Río Ranchería	LAM3491	Río Ranchería - Antes de confluencia con Cerrejón	5032509.44	2779377.09
REM-027	REM-027	Río Ranchería	LAM3491	Río Ranchería - Después de confluencia con Cerrejón	5035125.21	2780648.07

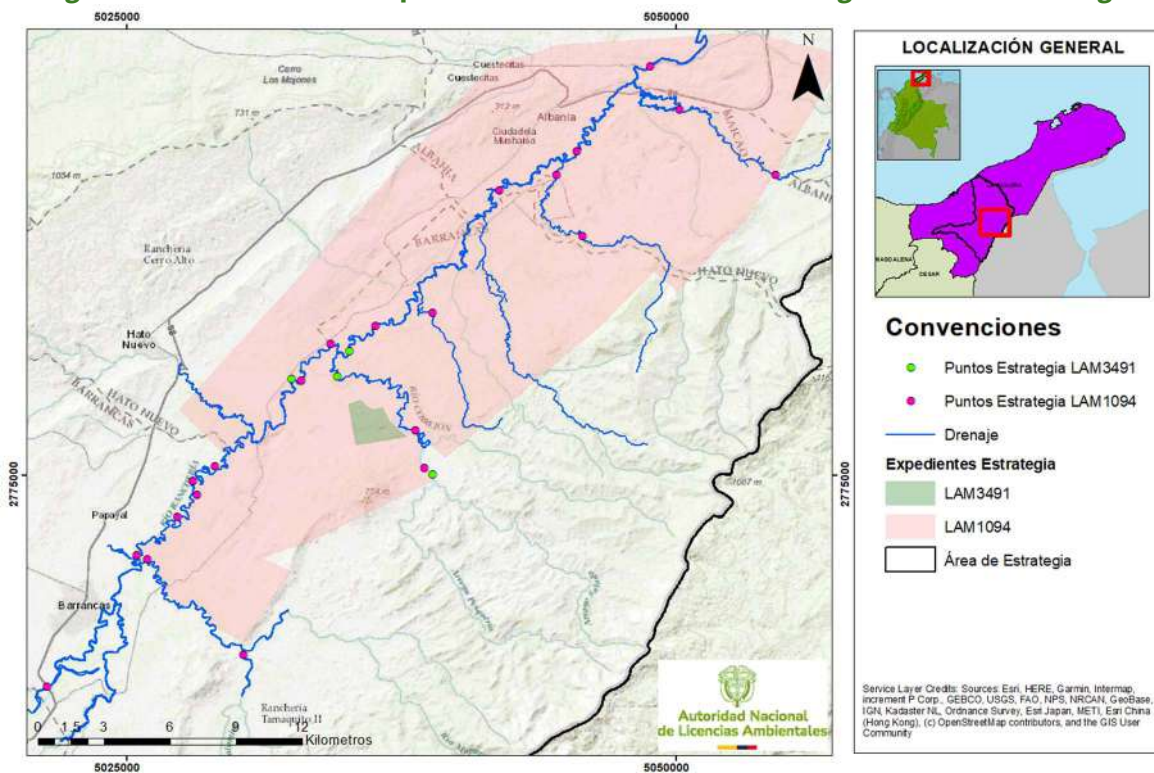
* Coordenadas MAGNA SIRGAS Origen Único Nacional
Fuente: ANLA, 2025.

Teniendo en cuenta lo anterior, y como se ha mencionado previamente con relación a la necesidad del monitoreo sistemático del recurso hídrico, a continuación (ver Figura 3), se presentan los puntos de monitoreo de ambos proyectos.



1.1 Condición de Lugar

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



Fuente: ANLA, 2025.

1.2 Condición de Tiempo

Dadas las características del régimen hidrológico de la cuenca del río Rancharía, se estableció que los periodos en los que se deben monitorear son de febrero a marzo (descenso de caudales) para las condiciones climáticas secas y de octubre a noviembre (aumento de caudales para las condiciones climáticas húmedas):

Tabla 4. 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, 2018.





1.3 Condición de Modo

En la formulación de la estrategia de monitoreo se definieron veintisiete (27) parámetros necesarios a monitorear acorde con las condiciones de la cuenca del río Ranchería, los cuales se relacionan en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de monitoreo la estrategia de monitoreo del recurso hídrico superficial de la cuenca del río Ranchería – condición de modo

Tipo de parámetro	Parámetro
Generales	Caudal, temperatura, conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, pH, DBO ₅ , DQO, Sólidos suspendidos totales, Sólidos sedimentables, Grasas y aceites, Turbiedad
Hidrocarburos	Hidrocarburos totales
Compuestos de fósforo	Fósforo, ortofosfatos
Compuestos de nitrógeno	Nitritos, Nitratos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total
Metales y metaloides	Cadmio, Plomo, Hierro, Mercurio, Níquel, Cobre, Zinc, Cromo
Microbiológicos	Coliformes Totales

Fuente: ANLA, 2024.

2 ANÁLISIS REGIONAL DE LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL

2.1 Información Analizada

A partir de revisión de la información disponible en la Base de Datos Corporativa (BDC) de la entidad validada a 2022 y la información de monitoreos disponible por parte del expediente LAM1094 del periodo 2020 a 2024, así como por parte del expediente LAM3491 con información para el periodo 2021 a 2024, la cual no fue sometida a procesos de validación o análisis de calidad de datos y fue empleada en su totalidad en los análisis que se presentan a lo largo del documento. La verificación del estado de la información proporcionada por los expedientes asociados a las estrategias de monitoreo regional se lleva a cabo en detalle en el marco del seguimiento de cada uno de los expedientes.

Así, con base en los puntos de monitoreo establecidos se definieron los cuerpos de agua objeto de análisis en el presente informe, los cuales corresponden al río Ranchería y seis (6) afluentes a los que se realizó un análisis estadístico y gráfico de variables el cual se detallará más adelante.





Tabla 6 Disponibilidad de información en cada expediente

EXPEDIENTE	RADICADO	FECHA	FUENTE
LAM3491	2022133696-1-000	30-jun-23	ICA
LAM3491	20236200276762	27-jun-23	ICA
LAM3491	0246200649152	07-jun-24	ICA
LAM3491	20256200364532	01-abr-25	ICA
LAM1094	20256200461082	24-abr-25	ICA

Fuente: ANLA, 2025.

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

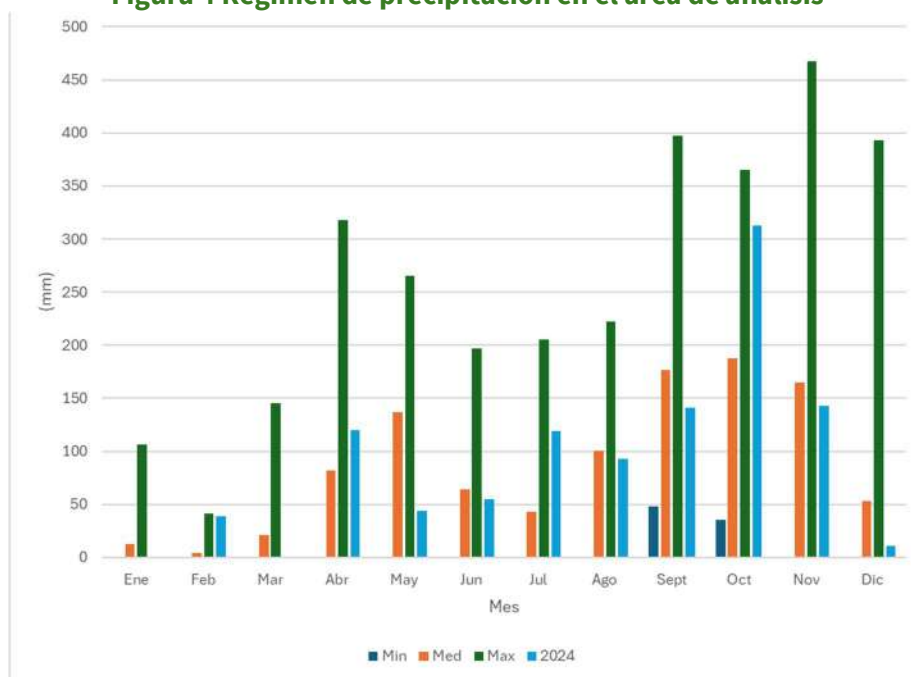
Tramo / cuerpo de agua	Período	Total de Puntos por cuerpo de agua	Total de datos por cuerpo de agua*
Río Ranchería	2020 – 2024	15	25217
Arroyo Palomino	2020 – 2024	3	2028
Arroyo Cerrejón	2020 – 2024	4	2778
Arroyo Cequiún	2020, 2021 y 2024	1	204
Arroyo Caurina	2020 y 2022	1	112
Arroyo Tabaco	2020 – 2024	2	2459
Arroyo Bruno	2020 – 2024	2	3153

Fuente: ANLA, 2025.

2.2 Resultados

2.2.1 Condiciones hidrometeorológicas observadas

Figura 4 Régimen de precipitación en el área de análisis



Fuente: ANLA, 2025.





En la figura anterior se presenta el resultado de la precipitación mensual en el último año, así como la media mensual multianual. Para ello se utilizaron los datos de precipitación de la red de estaciones hidro climatológicas del IDEAM en la zona, con información disponible en el periodo de 1991 – 2024, siendo esta la estación LA GLORIA [15060180].

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 noviembre, 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 enero 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.

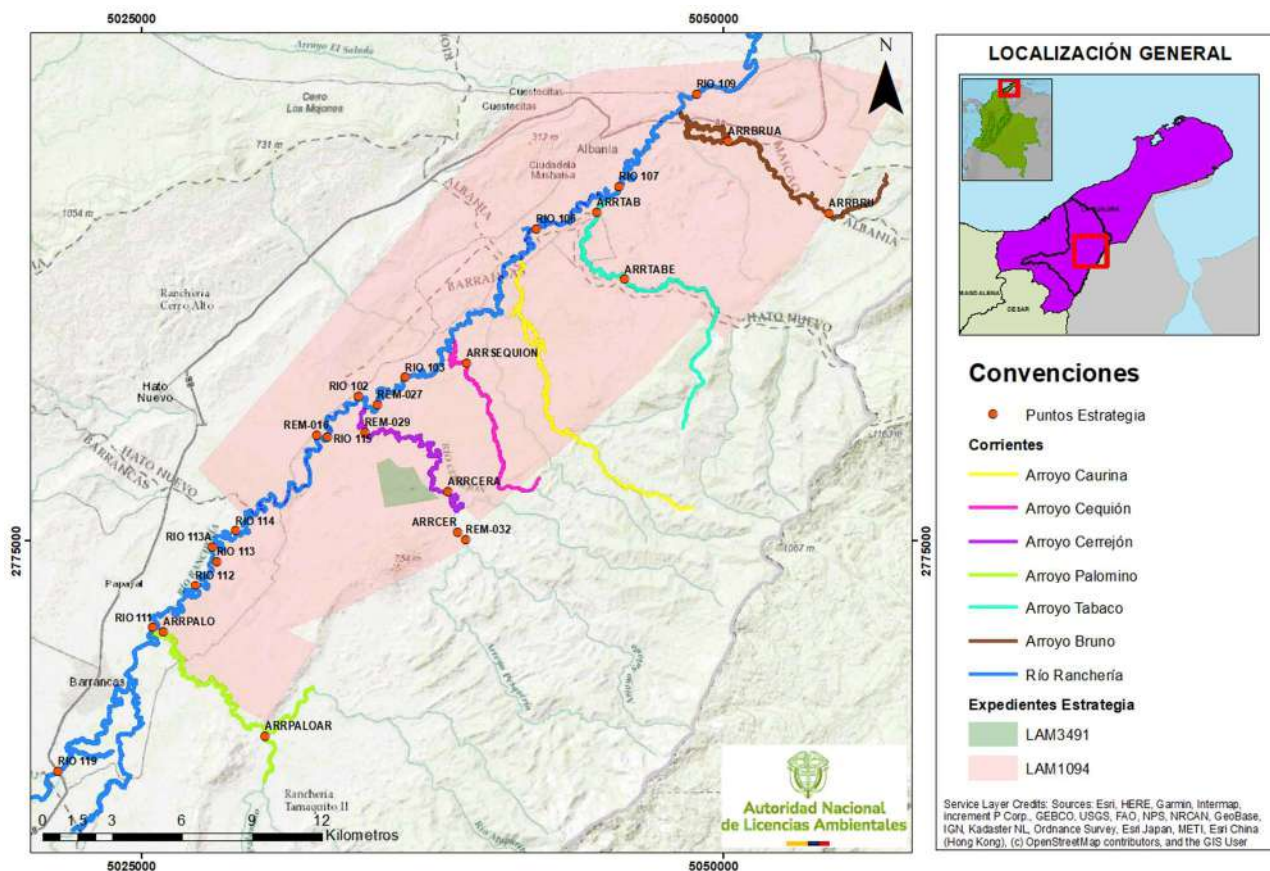
En cuanto al 2024, se observa que la precipitación mensual no superó en ninguno de los casos los máximos históricos, aunque si se presentaron valores por encima del promedio los meses de febrero, abril, julio y octubre e iguales al mínimo en los meses de enero y marzo. Los acumulados más altos se presentaron en octubre, mientras que los mínimos se registraron en enero y marzo, siguiendo un comportamiento bimodal, similar a la media.

2.2.2 Cuerpos de agua objeto de análisis

A continuación, en la Figura 2 se presenta la espacialización de los drenajes definidos para el análisis regional de calidad del agua en la cuenca del río Ranchería junto con los puntos de monitoreo reportados por los expedientes LAM1094 y LAM3491.



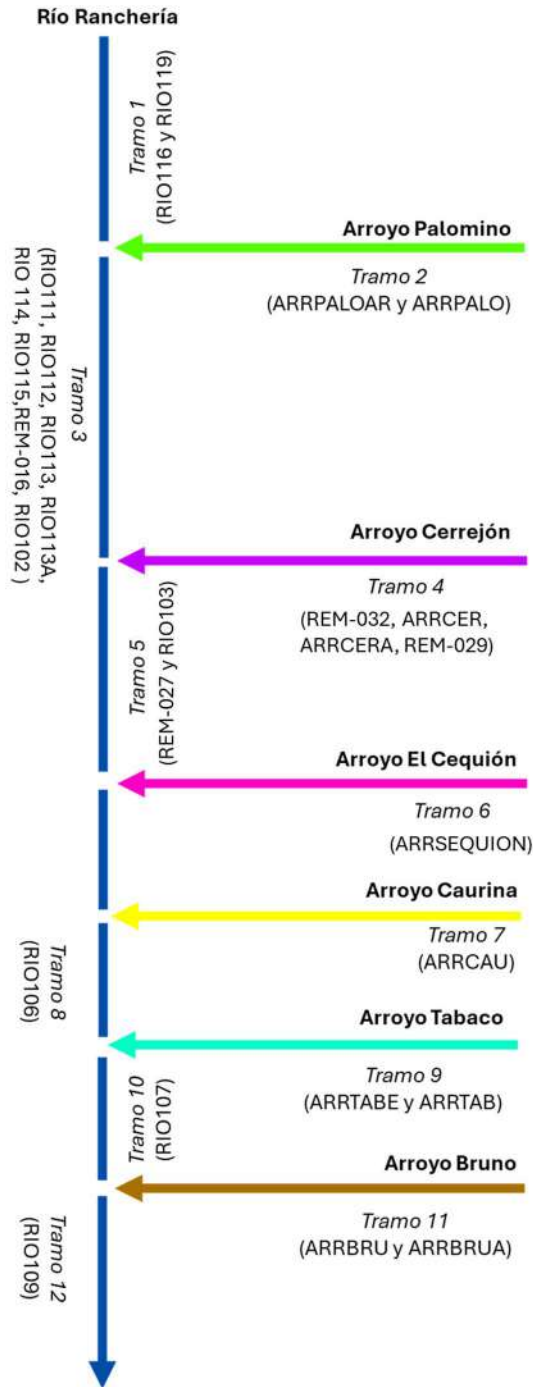
Figura 5. Espacialización de los cuerpos de agua objeto de análisis en la cuenca del río Ranchería



Fuente: ANLA, 2025.

Con el fin de analizar la dinámica del río Ranchería y los afluentes seleccionados, se definieron doce (12) tramos representados en la Figura 6. Es de indicar que, la selección de dichos tramos se realizó considerando la distribución de los puntos de monitoreo que se mostraron previamente y las conexiones hidráulicas entre las diferentes corrientes.

Figura 6. Modelo conceptual definido para el análisis regional de calidad del agua en la cuenca del río Ranchería



Fuente: ANLA, 2025.



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

Es necesario tener en cuenta que mediante la Ley 2415 del 8 de agosto de 2024, se declaró al río Ranchería, su cuenca y afluentes como sujeto de derechos para su conservación, mantenimiento y restauración y que mediante la Resolución 1319 del 17 de junio de 2016 la Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA) estableció los objetivos de calidad para corto, mediano y largo plazo (2017-2029) para los cuerpos de agua en el área de su jurisdicción; en el Artículo Primero se establecen objetivos de calidad según el uso y en el Artículo Segundo se establecen los usos para los cuerpos de agua.

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

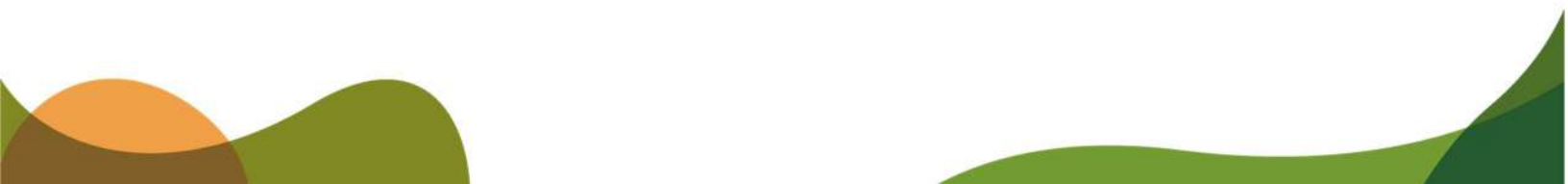
PARÁMETRO	Consumo humano y doméstico	Preservación de flora y fauna	Agrícola	Recreativo primario	Industrial	Receptor y transporte de aguas tratadas
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	<15	<8	<20	<15	<50	<70
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	<20	<10	<30	<30	<100	<150
Valor de pH	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	4,0 a 9,0	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Oxígeno Disuelto en mg/L	>5	>5	>4	>5	>4	>4
Conductividad μ S/cm	-	<50	<50	<50	<120	<150
Turbiedad en UNT	<10	-	-	-	-	-
Color Pt-Co	<20	-	-	<75	-	<150
Coliformes Totales en NMP/100ml	<1000	-	<5000	<1000	<5000	-
Coliformes Fecales en NMP/100ml	<400	-	<2000	<200	-	-
Nitratos en mg/L	<10	<10	<15	<30	<30	<100
Nitritos en mg/L	<1	<0,1	<0,15	<0,3	<0,3	<1
Fosfatos en mg/L	<0,5	<0,5	<1	<0,5	<1	<5
Sulfatos en mg/L	<400	-	-	-	-	<500
Grasas y Aceites en mg/L	No visible	<20	<20	No visible	<50	<75
Sólidos suspendidos totales en mg/L	<50	<15	<20	<50	<200	<200
Olor	Aceptable	-	-	Aceptable	-	-
Sustancias tóxicas en STOX	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) en mg/L	<0,5	-	-	<0,5	-	<4

Fuente: CORPOGUAJIRA, 2016 – Artículo Primero Resolución 1319 del 17 de junio de 2016.

Con excepción de los parámetros resaltados en gris, los demás parámetros fueron analizados para cada uno de los cuerpos de agua objeto de análisis con el fin de verificar su cumplimiento en el periodo 2020 a 2024.

Específicamente y con relación a los cuerpos de agua objeto de análisis se menciona que:

- Arroyo Tabaco y Cerrejón: tienen un uso actual de asimilación y un uso priorizado en el largo plazo de industrial.
- Arroyo Bruno: tienen un uso actual de asimilación y un uso priorizado en el largo plazo de industrial.



- Río Ranchería: el río Ranchería se divide en tramos y, con relación a la localización de los sitios de monitoreo definidos en la estrategia de monitoreo, el uso actual del río es Agropecuario, con uso priorizado en el largo plazo de contacto primario e industrial.

Para el presente análisis se tomarán como referencia el uso agrícola, industrial y asimilación, considerando que estos son los usos predominantes, actuales y prospectivos, del tramo y afluentes objeto de análisis.

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

A partir de la revisión de información disponible para el análisis regional de calidad del agua, conformada por 26 puntos de monitoreo localizados sobre el río Ranchería y algunos tributarios priorizados, con corte de información a diciembre del año 2024, inicialmente se elaboraron a modo de síntesis, de toda la información disponible por cada parámetro, tablas con valores estadísticos como el promedio, desviación estándar, valores mínimos y máximos de las series de datos consideradas por cada tramo definido en los cuerpos de agua objeto de análisis.

Con base en lo anterior, se desarrolló el análisis de la información de monitoreo, identificando las tendencias regionales en las concentraciones y comportamiento de estos; sin embargo, si hay datos relevantes que son analizados de forma particular.

A continuación, se analizan de manera general los resultados de los parámetros definidos en la estrategia que presentan valores mayores al límite de detección, obteniendo su valor medio, mínimo, máximo y la desviación estándar, se compara con el objetivo de calidad y en **rojo** se resaltan los resultados en los cuales no se cumplió con el objetivo.

2.2.4.1 Arroyo Palomino

De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas en 2024, en la Tabla 9 se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del arroyo Palomino, adicionalmente, se considerarán los resultados presentados en el periodo 2020 – 2023, sobre el cual se realizan análisis en el documento *Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca del Río Ranchería– Departamento de La Guajira, Aplicación de la Fase IV Análisis de Información 2024*. Para la comparación de los datos se tomará como objetivo de calidad receptor y transporte de aguas tratadas y uso industrial para abarcar la mayor cantidad de parámetros posibles.

Este arroyo se encuentra antes del desarrollo minero, el expediente LAM1094 tiene autorizado un vertimiento de la Laguna Palmaritos, el cual se encuentra activo para el periodo de 2024.

Tabla 9. Valores estadísticos del 2024 y cumplimiento de los objetivos de calidad del Arroyo Palomino

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	212,319	84,300	286,671	46,946	NA
Cloruros en mg/L	12,001	7,030	38,570	7,900	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	890,000	270,000	2200,000	511,980	-
Coliformes Totales en NMP/100ml	1215,714	390,000	2800,000	708,430	<5000
Conductividad en μ S/cm	442,207	343,000	567,100	69,146	<120
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,535	2,290	2,780	0,346	<50
Demanda Química de Oxígeno en mg/L					<100
Fenoles en mg/L					NA
Fluoruros en mg/L	0,181	0,132	0,281	0,050	NA
Fósforo Total en mg/L	0,233	0,183	0,282	0,050	NA
Grasas y Aceites en mg/L					<50
Hierro en mg/L	0,829	0,100	6,770	1,791	NA
Nitratos en mg/L	0,583	0,102	2,766	0,832	<30
Nitritos en mg/L	0,172	0,020	0,324	0,215	<0,3
Nitrógeno Amoniacal en mg/L					NA
Ortofosfatos en mg/L	0,326	0,156	0,714	0,196	<1
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,435	5,575	8,494	0,693	> 4
Sólidos Disueltos en mg/L	269,593	138,000	406,000	63,760	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,300	0,100	0,500	0,283	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	85,463	11,250	245,000	109,600	<200
Sólidos Totales en mg/L	305,524	220,000	408,000	52,352	NA
Sulfatos en mg/L	13,919	7,220	23,389	5,935	<500
Temperatura en °C	26,204	24,920	28,320	0,832	NA
Turbidez en NTU	25,758	1,030	189,000	58,833	NA
Valor de pH	8,174	7,484	8,703	0,367	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Los parámetros Demanda Química de Oxígeno, Fenoles, Grasas y Aceites, y Nitrógeno reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 24,92 °C y 28,32 °C, el pH varía entre 7,49 – 8,70 y se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad en cuanto al valor mínimo y promedio; e incumplimiento en el valor máximo; para la DQO la totalidad de las muestras del periodo

2024 se encuentran por debajo de límite de detección, por lo que no presenta incumplimiento en el objetivo de calidad; el valor máximo de la DBO₅ (2,78 mg/L) no presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, no obstante, es ligeramente superior al máximo registrado en el periodo 2016 - 2023; el oxígeno disuelto no presenta incumplimiento del objetivo de calidad (<4 mg/L) con valores promedio de 7,44 mg/L, ligeramente superior al reportado para el periodo 2016 - 2023; el promedio de alcalinidad (212,319 mg/L) se encuentra en condiciones adecuadas según lo definido por Roldan y Ramírez, 2008.

En general, para la ventana de análisis no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/L y ortofosfatos > 0,014 mg/L (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); al igual que los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores máximos > 2 mg/L coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitritos (0,32 mg/L) presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,3 mg/L) y cumple para los nitratos.

En cuanto a otros iones, los fluoruros presentan promedio de 0,18 mg/L; cloruros promedio de 12,00 mg/L, siendo estos valores inferiores a los registrados para el periodo 2016 - 2023; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o valores bajos, excepto para los valores máximos de hierro 6,77 mg/L que de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 no cumple con el uso para agricultura (< 5mg/L), aunque siendo inferior al valor máximo y valor promedio reportado para la ventana 2016 a 2023.

En general se presentan concentraciones de los sólidos totales con un valor promedio de 305,52 mg/L y para los disueltos de 269,593 mg/L siendo ligeramente inferiores a sus equivalentes en el periodo 2016 a 2023.

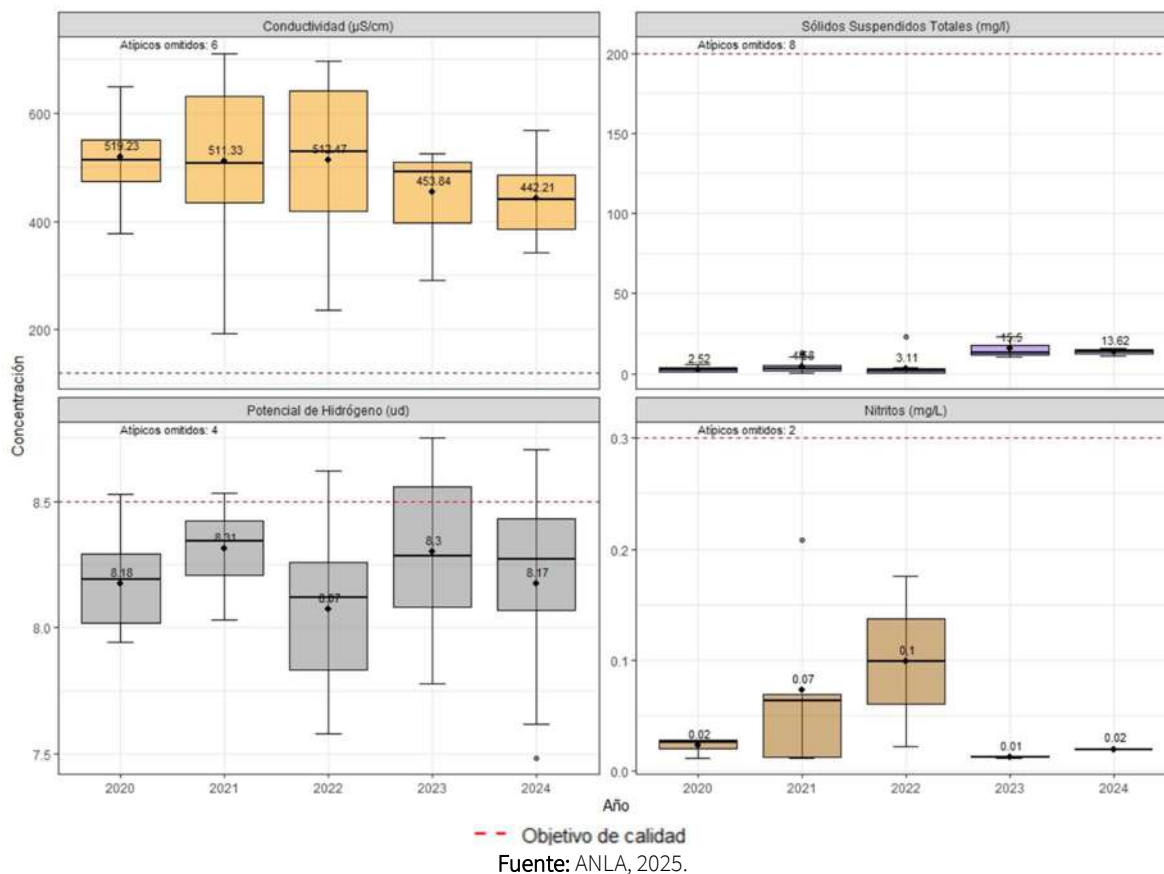
Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales se presenta un máximo de 2800,00 mg/L, el cual no presenta incumplimiento de los objetivos establecidos, con una disminución significativa en su promedio y máximo respecto al periodo 2016 - 2023.

Así, en cuanto al periodo 2016 - 2023, se mantiene el incumplimiento de los objetivos de calidad en los parámetros conductividad, y en valores máximos en SST, nitritos y pH, mientras que se mejoraron las condiciones de los parámetros coliformes totales y sulfatos, los cuales, para el periodo 2024 cumplen el objetivo de calidad. Para los demás parámetros se observan valores inferiores para los datos reportados en el 2024, respecto a la ventana de tiempo anterior (2016 - 2023).

Así, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: nitritos, SST y pH, en valores máximos, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en estos parámetros; sin embargo, en la conductividad se observa incumplimiento también a nivel de los promedios y mínimos por lo que se analiza en detalle a continuación.

El análisis temporal del periodo 2020–2024 evidencia que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se mantienen estables o presentan ligeras mejoras en 2024 respecto al promedio del periodo 2020–2023. En la siguiente figura se presenta la variación del comportamiento de cada parámetro respecto al tiempo y su comparación con el objetivo de calidad establecido para el cuerpo de agua (línea roja punteada), en caso de que aplique.

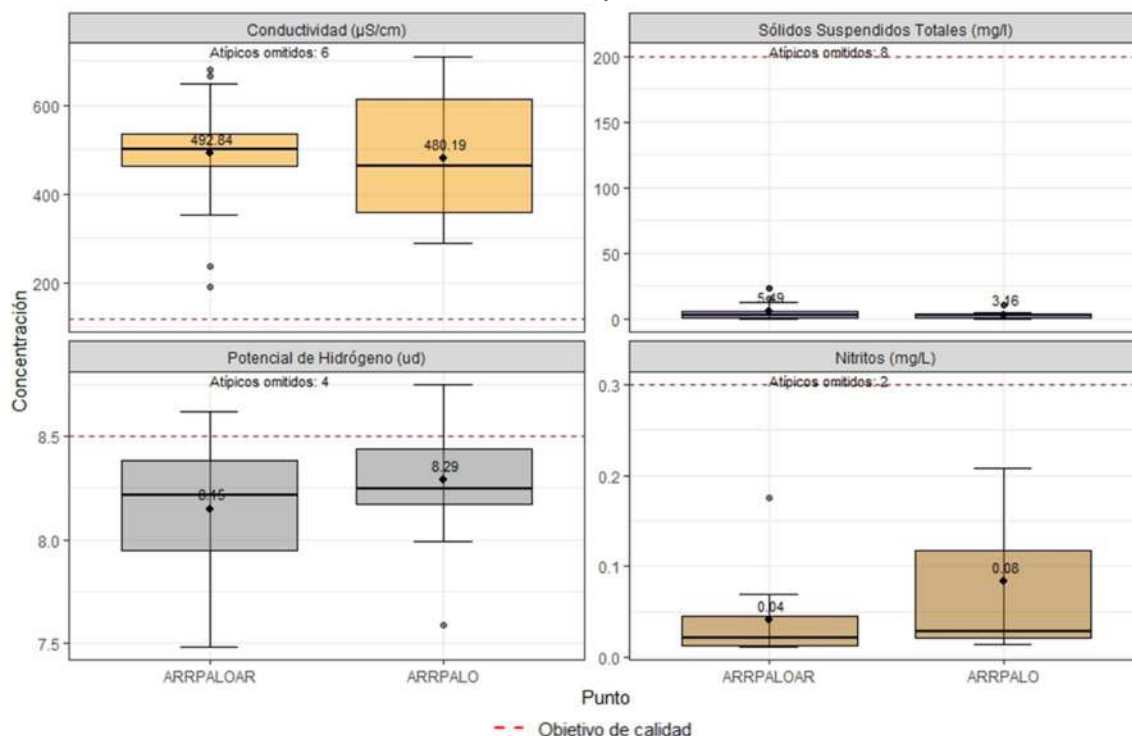
Figura 7 Análisis temporal de los parámetros de calidad del agua del Arroyo Palomino (2020-2024)



En el Arroyo Palomino se llevan a cabo mediciones en dos puntos de monitoreo: ARRPALO y ARRPALOAR, estos puntos permiten evaluar tanto la calidad base del agua como las variaciones inducidas por actividades humanas y procesos naturales a lo largo del cauce.



Figura 8 Análisis espacial de los parámetros de calidad del agua del Arroyo Palomino (2020-2024)



Fuente: ANLA, 2025.

Respecto a los nitritos, durante el periodo analizado se registraron valores mínimos de 0,012 mg/L, en los años 2020, 2021 y 2023, para estos mismos años se registraron máximos que no alcanzaron los 0,1 mg/L, con pocas variaciones en los reportes. Por el contrario, los años 2022 y 2024 presentaron la mayor variación en sus muestras, con máximos de 0,368 mg/L y 0,324 mg/L, respectivamente, superando, en ambos casos, el objetivo de calidad establecido para el uso industrial (<0,3 mg/L).

Los Sólidos Suspendedos Totales (SST) se presenta una tendencia al aumento en el periodo 2020 a 2024, con excepción del 2022, en el cual se registró un descenso en los valores reportados. Los registros más altos se presentaron en 2023 con 286 mg/L, siendo este un valor atípico, manteniendo para dicho año un promedio de 23,62 (sin el registro del atípico), por su parte, el 2024 presentó la mayor variación en sus datos y registrando un máximo de 245 mg/L, incumpliendo en los máximos de los dos últimos años con el máximo establecido en los objetivos de calidad (<200 mg/L). En cuanto a la variación espacial, se presentaron picos significativos en ARRPALO, y ARRPALOAR que superan los 200 mg/L, alcanzando un

máximo de 285 mg/L en el punto. Estos incrementos están vinculados a las temporadas de lluvias en los meses de noviembre de 2023 y octubre de 2024, que favorecen el arrastre de sedimentos desde las laderas y zonas intervenidas de la cuenca.

En cuanto al pH, para el periodo de análisis los resultados se mantienen en el rango 7,03-9,35 Unidades, manteniéndose en promedio dentro del rango permitido (6,5-8,5), con un valor medio de 8,2; concluyendo que las aguas del arroyo Palomino tienden a ser de carácter básico. Respecto a los objetivos de calidad, se presentaron excedencias en los valores máximos de todos los años del periodo de análisis, en particular, se alcanzaron máximos de 9,35 en el punto ARRPALOAR registrado en febrero de 2021, el cual corresponde a un dato atípico, y 8,75 en el punto en noviembre de 2023, reportados durante la temporada seca y la temporada de lluvias, respectivamente. Lo anterior indica condiciones puntuales de alcalinización que podrían estar asociadas a procesos de fotosíntesis intensa y baja renovación del flujo.

Finalmente, se identifican incumplimientos persistentes para la conductividad eléctrica, que muestra valores consistentemente por encima de los límites normativos (<120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Industrial y <150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Receptor) para todo el periodo de análisis (2020 - 2024), durante el cual se alcanzó un mínimo de 178,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en enero de 2021, correspondiente a época seca y un máximo de 1860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en agosto de 2020, época de transición y el promedio general fue de 528,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En cuanto a la variación espacial, se encontró que se presentó incumplimiento en los dos puntos de monitoreo, con menores conductividades para el punto aguas arriba de 178,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y de 290,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aguas abajo, a su vez, para el punto aguas arriba se presentó un pico de conductividad de 986 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y aguas abajo de 1860 $\mu\text{S}/\text{cm}$, registrando así un incumplimiento sistemático que obedece a una mineralización natural elevada, probablemente intensificada por aportes difusos y puntuales.

El resto de los parámetros evaluados cumplen en general con los objetivos de calidad con valores que permiten concluir que en el cuerpo de agua existen condiciones adecuadas para la fauna acuática, así como bajo riesgo de eutrofización.

En síntesis, el Arroyo Palomino presenta un incumplimiento sistemático en conductividad en los dos puntos de monitoreo, así como incumplimientos puntuales en pH, SST y nitritos. Estos resultados muestran que, aunque en general la calidad del agua se encuentra dentro de los rangos aceptables para la mayoría de los parámetros, persisten condiciones críticas que requieren atención. Se recomienda mantener el seguimiento en los parámetros para establecer las causas de los resultados de pH, SST y nitritos en la ventana de análisis y evaluar tendencias, a partir de lo cual se deben establecer estrategias para el control de sedimentos y reducción de aportes nitrogenados, en especial aguas abajo de los vertimientos.

Se recomienda que la Sociedad titular de la licencia de expediente LAM1094 lleve a cabo también la revisión de los valores atípicos para identificar las causas de estos y establecer las medidas correctivas correspondientes

El resto de los parámetros evaluados —DBO₅, DQO, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, grasas y aceites, sulfatos y coliformes totales— cumplen con los objetivos de calidad. La DBO₅ presentó un promedio de 2,94 mg/L y un máximo de 3,83 mg/L, muy por debajo del límite de 50 mg/L; la DQO, un promedio de 29,69 mg/L, con máximos de 31,39 mg/L, cumpliendo el límite de 100 mg/L. El oxígeno disuelto mantuvo valores promedios de 6,97 mg/L, con mínimos de 5,16 mg/L, siempre por encima del mínimo exigido de 4 mg/L, garantizando condiciones adecuadas para la fauna acuática. Los nitratos promediaron 0,39 mg/L frente a un límite de 30 mg/L, y los fosfatos 0,10 mg/L frente a un límite de 1 mg/L, lo que indica bajo riesgo de eutrofización. Grasas y aceites se mantuvieron en 0,73 mg/L (límite 50 mg/L), sulfatos en 42,94 mg/L (límite 500 mg/L) y coliformes totales en 2.100 NMP/100 ml (límite 5.000 NMP/100 ml).

2.2.4.2 Arroyo Cerrejón

De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas para el periodo 2024, en la

Tabla 10 se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua y cantidad del agua del arroyo Cerrejón. Para el análisis se tomará como objetivo de calidad receptor y transporte de aguas tratadas y uso industrial tal cómo está definido en la resolución de CORPOGUAJIRA. Este arroyo se encuentra luego del desarrollo minero, el expediente LAM1094 tiene autorizado un vertimiento de la Laguna Annex2, y Comuneros; así mismo, el expediente LAM3491 actualmente no cuenta con permiso de vertimientos, toda vez que las aguas residuales domésticas e industriales se emplean en la humectación de las vías, por su parte, el permiso para las aguas que se disponen a la salida de laguna norte se encuentra en solicitud de prórroga y para el caso de la laguna Sur, se contaba con permiso que actualmente no está vigente. Para este último caso, el proyecto se encuentra llevando a cabo la construcción de las obras para la recirculación de las aguas. En conclusión, acorde con lo establecido en el Concepto Técnico 008194 del 31 octubre de 2024, no se cuentan con vertimientos autorizados sobre el arroyo Cerrejón, por parte del expediente LAM3491.

Tabla 10. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del Arroyo Cerrejón

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	115,028	56,070	162,820	32,163	NA
Cloruros en mg/L	1603,955	7,440	23893,000	5553,123	NA

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Cobre en mg/L	0,084	0,030	0,100	0,030	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	657,083	1,000	2200,000	567,339	-
Coliformes Totales en NMP/100ml	919,333	1,000	2400,000	737,411	<5000
Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$	360,554	114,200	2036,000	370,328	<120
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	37,821	0,000	356,000	111,815	<50
Demanda Química de Oxígeno en mg/L					<100
Fluoruros en mg/L	0,164	0,101	0,530	0,109	NA
Fósforo Total en mg/L	0,198	0,044	0,885	0,251	NA
Grasas y Aceites en mg/L	0,570	0,000	2,030	0,906	<50
Hierro en mg/L	13,575	0,030	185,000	45,570	NA
Nitratos en mg/L	6,908	0,000	67,000	19,489	<30
Nitritos en mg/L	0,023	0,000	0,140	0,045	<0,3
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	65,106	0,290	171,000	72,563	NA
Ortofosfatos en mg/L	0,214	0,035	0,520	0,121	<1
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,105	4,090	8,762	1,052	> 4
Plomo en mg/L	0,002	0,000	0,014	0,003	NA
Sólidos Disueltos en mg/L	254,072	82,000	1784,000	384,127	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,414	0,100	1,000	0,426	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	36,638	5,200	94,700	30,794	<200
Sólidos Totales en mg/L	359,792	102,000	1956,000	488,265	NA
Sulfatos en mg/L	101,343	5,712	738,000	192,815	<500
Temperatura en $^{\circ}\text{C}$	28,670	20,510	33,100	2,730	NA
Turbidez en NTU	12,797	1,200	65,000	17,682	NA
Valor de pH	68,160	7,010	771,000	203,769	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Para el parámetro Demanda Química de Oxígeno se reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 20,51 $^{\circ}\text{C}$ y 33,10 $^{\circ}\text{C}$, con una disminución en sus mínimos y máximos, mientras que para el promedio se presentó un ligero aumento respecto del periodo 2016 – 2023; el pH varía entre 7,01 – 771,00, con promedio de 68,16, siendo estos dos últimos valores significativamente superiores al límite máximo establecido en los objetivos de calidad; para la DQO se presentan valores por debajo del límite de detección (<25,00), lo cual es inferior al promedio y máximo del periodo de referencia 2016 - 2023; el valor máximo de la DBO₅ (356,00 mg/L) presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, mientras que su mínimo y promedio se mantienen bajo los límites de establecidos en dichos objetivos; el oxígeno disuelto no presenta incumplimiento del objetivo de calidad (<4 mg/L) con valores promedio de 7,1 mg/L, aunque su valor mínimo se encuentra muy cercano a este con 4,09 mg/L; el promedio de alcalinidad (115,028 mg/L) se mantiene en condiciones adecuadas (Roldan y Ramírez, 2008).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/L y ortofosfatos > 0,014 mg/L (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987), manteniendo la tendencia del periodo 2016 - 2023; por su parte los compuestos de nitrógeno presentaron valores promedios y máximos > 2 mg/L coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitratos (67,00 mg/L) presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (30 mg/L), siendo estos valores, superiores a los encontrados en el periodo previo de análisis (2016 – 2023).

También se evidencia que específicamente para la conductividad se supera el límite establecido por CORPOGUAJIRA en el objetivo de calidad, en los valores promedio y máximo reportados. Este parámetro se relaciona con los cloruros y sulfatos, los cuales registran máximos, e inclusive promedios en el caso de los cloruros, con concentraciones superiores a 250 mg/L y 400 mg/L que establecen los artículos 2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.4. del Decreto 1076 de 2015 como criterios de calidad para el tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico y desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico. Adicionalmente, los sulfatos presentan máximos superiores a los límites establecidos en los objetivos de calidad. En comparación con el periodo de referencia 2016 – 2023, los resultados registrados para estos parámetros son superiores en el 2024 en este cuerpo de agua.

Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o valores bajos, excepto para los valores promedio y máximos de hierro (13,58 mg/L y 185,00 mg/L) que de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 no cumple con el uso para agricultura (< 5 mg/L). Los resultados anteriores son superiores a los registrados para el periodo de referencia 2016 – 2023 en este cuerpo de agua.

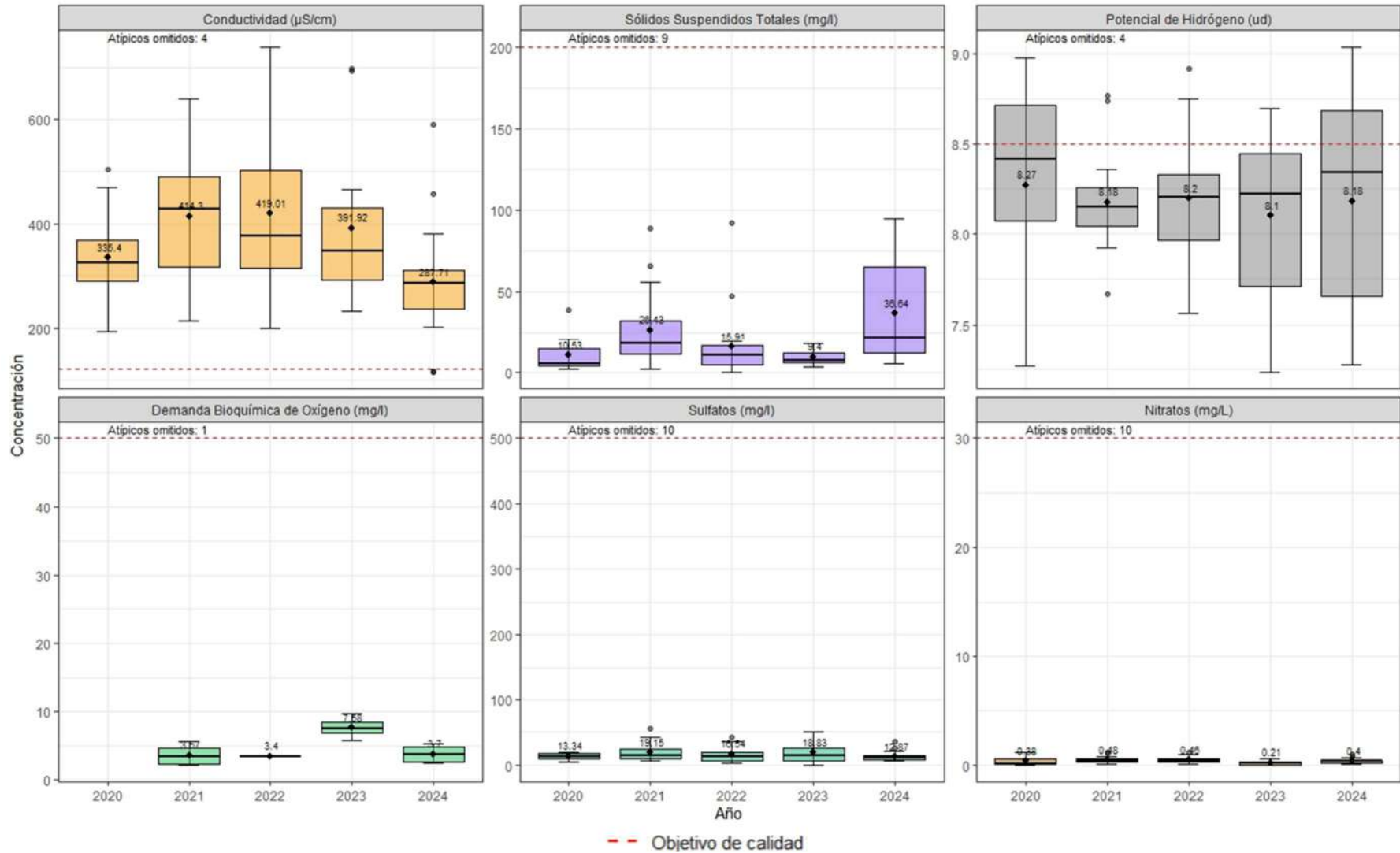
En general se presentan concentraciones de los sólidos totales tales un valor promedio de 359,79mg/L y para los disuelto de 254,07mg/L, siendo inferiores a los registrados en la ventana de tiempo del 2016 al 2023.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales no se presenta incumplimiento de los objetivos establecidos. No obstante, los valores reportados durante el 2024 son significativamente superiores a los del periodo 2016 – 2023; esto mismo se presenta para el parámetro de coliformes fecales.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: en valores promedio y máximo de conductividad y pH, y en valores máximos en DBO₅, nitratos y sulfatos, lo cual indica que el incumplimiento no es generalizado en todos los casos en estos parámetros, adicionalmente, se presentó incumplimiento en sólidos suspendidos durante el periodo 2016 – 2023, a continuación, se realiza el análisis en detalle en el que se comparan los resultados presentados con el objetivo de calidad establecido para el cuerpo de agua (línea roja punteada), en caso de que aplique.

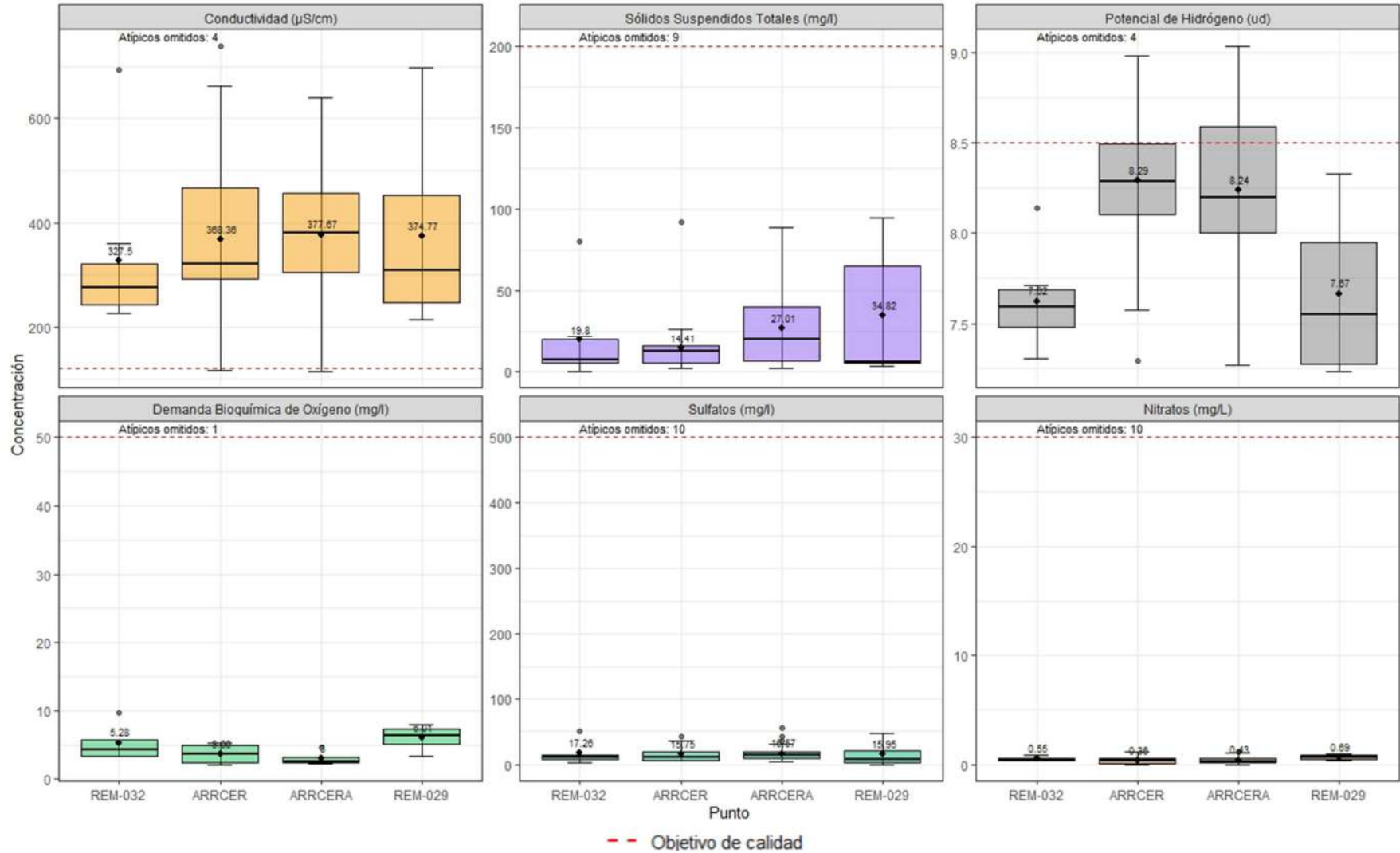


Figura 9 Análisis temporal de parámetros de calidad del agua del Arroyo Cerrejón (2020-2024)



Fuente: ANLA, 2025.

Figura 10 Análisis espacial de parámetros de calidad del agua del Arroyo Cerrejón (2020-2024)



Fuente: ANLA, 2025.

En el Arroyo Cerrejón se monitorean cuatro puntos: REM-032, ARRCER, ARRCERA y REM-029, según su posición, de aguas arriba hacia aguas abajo.

El análisis temporal correspondiente al periodo 2020–2024 indica que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos se mantienen dentro de los rangos permitidos, aunque con fluctuaciones que requieren seguimiento.

La conductividad eléctrica es el parámetro de mayor preocupación, presentando un promedio general de 403,69 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con valores mínimos de 114,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que se presentó en octubre del 2024 en el punto ARRCERA, mientras que el máximo fue de 2036,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siendo este un valor atípico registrado en febrero del 2024 en el punto ARRCERA, correspondientes a las temporadas de lluvia y seca, respectivamente. Con un incumplimiento sistemático frente a los límites establecidos por CORPOGUAJIRA (<120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Industrial y <150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Receptor), durante todo el periodo de análisis. En cuanto a las tendencias de los promedios, se observa que el valor más alto se presentó en 2021, a partir de lo cual se registró un descenso hasta el último año de registro, en cuanto a la dispersión de los datos, se observa la misma tendencia, donde la mayor variación se presentó en 2021, a partir de lo cual esta disminuyó hasta el 2024. En cuanto a la variación espacial, se observa que los valores máximos y mínimos se reportaron en los puntos ARRCER y ARRCERA, del expediente LAM1094, mientras que en los puntos REM-029 y REM-032 del expediente LAM3491 no registraron valores superiores a los 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Al igual que en Palomino, esta condición apunta a un componente natural de mineralización, reforzado por la influencia de actividades antrópicas.

En cuanto al pH, para el periodo de análisis los resultados mostraron un promedio general 23,84 Unidades, con un rango de entre 7,01 – 771,00 Unidades, superando significativamente el rango permitido (6,5–8,5). Al respecto se evidenció en la variación temporal que en el periodo 2020 a 2023 se observaron promedios en el rango de los 8,10 y 8,37 Unidades, sin embargo, para el 2024, se registró un promedio por encima de los 80,00 Unidades, evidenciando que el promedio general se encuentra influenciado por los datos en 2024, los cuales pueden deberse a fallas en la medición o reporte realizados en este periodo. Respecto a la variación espacial, se encontró que los valores asociados a los puntos ARRCER y ARRCERA presentan valores de hasta 9,04 y 8,99 reportados en septiembre del 2024. Por su parte, en los puntos REM-029 y REM-032 se presentaron máximos superiores a las 680 Unidades, por lo que se evidencia el incumplimiento de los objetivos de calidad. De esta manera se recomienda la revisión de los procesos de medición y reporte de los datos en particular para aquellos que superan las 14 Unidades.

En el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO_5 , el promedio general del periodo 2021 a 2024 fue de 24,06 mg/L, inferior al límite de uso Industrial (<50 mg/L). Respecto a los mínimos, estos se presentaron en los meses de abril y octubre de 2021, época de lluvias, en los puntos ARRCER y ARRCERA, con valor de 2,13 y 2,26 mg/L, respectivamente; mientras que

los máximos se registraron en junio de 2024, en el punto REM-029 con un valor de 356,00 mg/L, seguido de 9,63 mg/L en el punto REM-032 en el mes de octubre de 2023, correspondiente a la temporada de lluvia. Los resultados de este parámetro muestran una variación en mínimos, medios y máximos de cada año, sin superar los 10,00 mg/L, con excepción del 2024, en el que el máximo presentado supera significativamente el máximo del objetivo de calidad con un valor atípico. La variación espacial muestra que no existe una diferencia marcada en los puntos de monitoreo, manteniéndose los máximos en los mismos ordenes de magnitud, con excepción del valor máximo reportado para el punto REM-029.

Respecto a los nitratos, durante el periodo analizado se registraron valores mínimos de 0,03 mg/L, en octubre de 2020 y máximo de 67,00 mg/L en junio del 2024, correspondiente a un valor atípico. En general los valores se mantuvieron por debajo de los 5,0 mg/L, con pocas variaciones en los reportes y manteniéndose en su mayoría, por debajo del objetivo de calidad establecido para el uso industrial (<30 mg/L), con un promedio de 2,10 mg/L. En cuanto a la variación espacial, no se observaron diferencias significativas en los puntos ARRCER y ARRCERA, mientras que en los puntos REM-029 y REM-032, se presenta la mayor dispersión de datos, así como los valores más altos reportados en el periodo de análisis.

Respecto a los Sulfatos, para el periodo de análisis los resultados presentaron un promedio de 46,04 mg/L, con máximo de 738,00 mg/L en el punto REM-029 registrado en octubre de 2024, época de lluvias, y 477,00 mg/L en el punto REM-032 en junio de 2024, época seca; en ambos casos los máximos corresponden a atípicos. Los mínimos por su parte se presentaron en el punto REM-029 con valor de 0,20 mg/L, en octubre de 2023, y REM-032 con valor de 2,62 mg/L en febrero de 2022. Durante el 2021 se observó una amplia variación en los datos respecto de la mediana, no obstante, la mayoría de estos se encontraron por debajo de los 100 mg/L. Para el periodo 2021 a 2023 se observó una tendencia a la disminución en los máximos y los promedios reportados, para volver a aumentar en 2024. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, para el periodo de análisis, en general los valores se mantuvieron por debajo del máximo establecido (<500 mg/L), con excepción del valor máximo reportado en 2024. En cuanto a la variación espacial se observa que los puntos correspondientes al expediente LAM3491 son los que presentan la mayor dispersión de datos, así como los valores más altos reportados.

En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se presentaron concentraciones por debajo de los 112,00 mg/L en los años 2020 y 2023. Para el periodo de análisis se encontró un mínimo de 0,01 mg/L en octubre de 2022 y un máximo de 1220,00mg/L en abril de 2021, siendo este un valor atípico, en el punto ARRCER; presentando en la mayoría de los casos concentraciones por debajo de los 50 mg/L. En cuanto a la variación espacial, se presentaron picos significativos en ARRCER, ARRCERA y REM-029, que superaron los 200 mg/L en los años 2021 y 2022, principalmente durante periodos de lluvias, lo que sugiere arrastre de sedimentos desde áreas intervenidas y cauces afluentes.



En síntesis, el Arroyo Cerrejón presenta un incumplimiento generalizado en conductividad eléctrica en los puntos de monitoreo e incumplimientos puntuales en pH, SST y. Aunque la mayoría de los parámetros se mantienen en condiciones adecuadas, estos resultados subrayan la necesidad de un monitoreo focalizado en los parámetros críticos, la implementación de medidas de control de sedimentos en áreas de ladera y la revisión de posibles fuentes puntuales de aporte de sales y compuestos nitrogenados.

2.2.4.3 Arroyo Cequión

De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas en 2024, en la

Tabla 11 se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del Arroyo Cequión. Para el análisis se tomará como objetivo de calidad receptor y transporte de aguas tratadas y uso industrial tal cómo está definido en la resolución de CORPOGUAJIRA. Este arroyo se encuentra luego del desarrollo minero, el expediente LAM1094 tiene autorizado un vertimiento de la Laguna Annex. Solo hay información del punto de monitoreo aguas abajo del vertimiento.

Tabla 11. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del río Cequión

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	84,750	82,800	86,700	2,758	NA
Cloruros en mg/L	129,955	103,950	155,960	36,777	NA
Cobre en mg/L	0,100	0,100	0,100	0,000	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	1365,000	330,000	2400,000	1463,711	-
Coliformes Totales en NMP/100ml	1445,000	490,000	2400,000	1350,574	<5000
Conductividad en μ S/cm	1895,500	1800,000	1991,000	135,057	<120
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	2,080	2,080	2,080		<50
Demanda Química de Oxígeno en mg/L					<100
Fluoruros en mg/L	0,846	0,808	0,883	0,053	NA
Fósforo Total en mg/L	0,093	0,093	0,093		NA
Grasas y Aceites en mg/L					<50
Hierro en mg/L	0,646	0,397	0,894	0,351	NA
Nitratos en mg/L	0,497	0,244	0,750	0,358	<30
Nitritos en mg/L	0,015	0,015	0,015	0,000	<0,3
Ortofosfatos en mg/L					<1
Oxígeno Disuelto en mg/L	6,929	6,852	7,006	0,109	> 4
Plomo en mg/L	0,001	0,001	0,001	0,000	NA
Sólidos Disueltos en mg/L	1337,000	1260,000	1414,000	108,894	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,100	0,100	0,100		NA



Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Sólidos suspendidos totales en mg/L	34,500	23,000	46,000	16,263	<200
Sólidos Totales en mg/L	1470,000	1438,000	1502,000	45,255	NA
Sulfatos en mg/L	766,685	764,560	768,810	3,005	<500
Temperatura en °C	28,800	27,800	29,800	1,414	NA
Turbidez en NTU	20,450	14,400	26,500	8,556	NA
Valor de pH	7,929	7,878	7,979	0,071	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Los parámetros Demanda Química de Oxígeno, Grasas y Aceites, y Ortofosfatos reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 27,80°C y 29,80°C, el pH varía entre 7,88 – 7,98 y se encuentra en el rango establecido por el objetivo de calidad, en ambos parámetros el rango reportado es más reducido que el registrado para el periodo de referencia (2016 - 2023); para la DQO se presentan valores por debajo del límite de detección, con una disminución en lo registrado durante 2016 – 2023; el valor máximo de la DBO₅ (2,08 mg/L) no presenta incumplimiento en el objetivo de calidad, con valores similares en los años anteriores; el oxígeno disuelto no presenta incumplimiento del objetivo de calidad (<4 mg/L) con valores promedio de 6,9 mg/L; el promedio de alcalinidad (84,75 mg/L) se mantiene en condiciones adecuadas según lo definido en literatura técnica (Roldan y Ramírez, 2008).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/L, mientras que en los ortofosfatos, los valores registrados son inferiores al límite de detección de <0,153 mg/L, siendo este superior a los 0,014 mg/L establecidos como valor límite a partir del cual se consideran condiciones de eutrofia (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); los compuestos de nitrógeno no presentaron incumplimiento con el objetivo de calidad.

En cuanto a otros iones, los fluoruros presentan promedio de 0,85 mg/L; cloruros promedio 129,96 mg/L, inferiores a los registrados en el periodo 2016 – 2023. Respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección o valores bajos.

En general se presentan concentraciones de los sólidos totales altos con un valor promedio de 1470,00 mg/L y para los disueltos de 1337,00mg/L, siendo estos relativamente inferiores a sus equivalentes en el periodo 2016 - 2023.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales se encuentran por debajo de los objetivos de calidad establecidos, mientras que para el periodo anterior (2016 - 2023) se presentó un incumplimiento generalizado.



Teniendo en cuenta que solo hay una estación de monitoreo no se presenta el análisis espacial.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: conductividad y sulfatos; así mismo, en el periodo 2016 – 2023 se presentó incumplimiento también de los coliformes totales, no obstante, dado que solo se cuenta con una estación de monitoreo no se realiza análisis espacio-temporal.

2.2.4.4 Arroyo Caurina

El Arroyo Caurina no es receptor de vertimientos por parte de los proyectos mineros vinculados a la estrategia, no obstante, es receptor de las aguas del arroyo La Ceiba por medio de un trasvase en una longitud de 1,1 kilómetros (aproximadamente), actividad que hace parte de las obras autorizadas mediante Resolución 1386 de 2014 del expediente LAM1094.

En este cuerpo de agua solo hay una estación de monitoreo y presenta datos de los años 2020 y 2022, siendo así que no se cuenta con información nueva, por lo que no se presenta el análisis espacio temporal. Los resultados estadísticos de los datos reportados en 2020 y 2022 se presentan en el documento de Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca del río Ranchería - Aplicación Fase IV análisis de información.

2.2.4.5 Arroyo Tabaco

La localización de los puntos de monitoreo que fueron utilizados en el análisis se muestra en la

Tabla 12. De acuerdo con los objetivos de calidad, el Arroyo Tabaco tiene un uso priorizado de industrial, por lo que se tomarán estos criterios como referencia. Es de mencionar que este cuerpo de agua es receptor de vertimientos de la Laguna Tabaco.

Tabla 12. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del Arroyo Tabaco

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	231,825	176,472	276,170	23,994	NA
Cloruros en mg/L	32,215	19,670	52,440	8,338	NA
Cobre en mg/L	0,084	0,030	0,100	0,030	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	883,278	79,000	2800,000	716,585	NA
Coliformes Totales en NMP/100ml	1153,889	110,000	3500,000	978,397	<5000
Conductividad en μ S/cm	610,472	415,500	878,500	129,555	<120
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	4,347	2,820	5,250	1,330	<50
Demanda Química de Oxígeno en mg/L					<100
Fenoles en mg/L					NA





Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Fluoruros en mg/L	0,217	0,116	0,319	0,061	NA
Fósforo Total en mg/L	0,132	0,071	0,229	0,054	NA
Grasas y Aceites en mg/L					<50
Hierro en mg/L	0,551	0,100	2,170	0,510	NA
Nitratos en mg/L	0,321	0,105	0,687	0,197	<30
Nitritos en mg/L	0,010	0,010	0,010		<0,3
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	1,510	1,010	2,010	0,707	NA
Ortofosfatos en mg/L	0,292	0,175	0,454	0,094	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,114	5,808	7,986	0,707	> 4
Plomo en mg/L	0,003	0,001	0,015	0,004	NA
Sólidos Disueltos en mg/L	378,944	274,000	548,000	87,479	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,250	0,200	0,300	0,071	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	27,428	10,250	85,200	20,514	<200
Sólidos Totales en mg/L	403,889	276,000	616,000	93,269	NA
Sulfatos en mg/L	40,325	11,557	165,574	37,746	<500
Temperatura en °C	28,113	25,300	32,000	1,696	NA
Turbidez en NTU	15,869	1,170	56,300	15,834	NA
Valor de pH	8,098	7,198	8,489	0,385	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Los parámetros Demanda Química de Oxígeno, Fenoles, Grasas y Aceites reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 25,3°C y 32,0°C; el pH (7,2 – 8,5) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6,5-8,5), evidenciando, para este último parámetro, una disminución en el máximo, respecto al periodo 2016 – 2023, que presentó incumplimiento del objetivo de calidad. Sobre la DBO₅ se reportan valores máximos de 5,3 mg/L, mientras que la DQO reportó <25,00 mg/L, es decir, inferiores al límite de detección, presentando para ambos parámetros cumplimiento al objetivo de calidad; el valor mínimo de oxígeno disuelto reportado es de 5,81 mg/L, superior al límite inferior definido por CORPOGUAJIRA de 4 mg/L, respecto al periodo 2016 – 2023, se presentó una disminución en los estadísticos reportados para DBO₅ y DQO, mientras que para el Oxígeno Disuelto los valores mínimo y promedio, fueron superiores durante el 2024. El promedio de alcalinidad (231,83 mg/L) se mantiene en condiciones adecuadas acorde con lo establecido en literatura técnica (Roldan y Ramírez, 2008)

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, y fenoles); en cuanto a compuestos de fósforo se observan condiciones de eutrofia de manera generalizada con fósforo total > 0,02 mg/L y ortofosfatos > 0,014 mg/L (Roldan y





Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); por su parte los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores < 2 mg/L, el cual se establece como límite inferior para las condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968).

En cuanto a otros iones, los fluoruros presentan promedio de 0,22 mg/L; cloruros promedio 32,22 mg/L), en ambos casos, se presenta una disminución respecto a los promedios reportados en el periodo 2016 - 2023; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección, bajos o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

En general se presentan concentraciones de los sólidos totales tales un valor promedio de 403,89mg/L y para los disueltos de 378,94mg/L, siendo estos inferiores a los reportados en el periodo 2016 - 2023.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales se encuentran en cumplimiento de los objetivos establecidos, siendo los valores del 2024, inferiores a los registrados en el periodo 2016 - 2023.

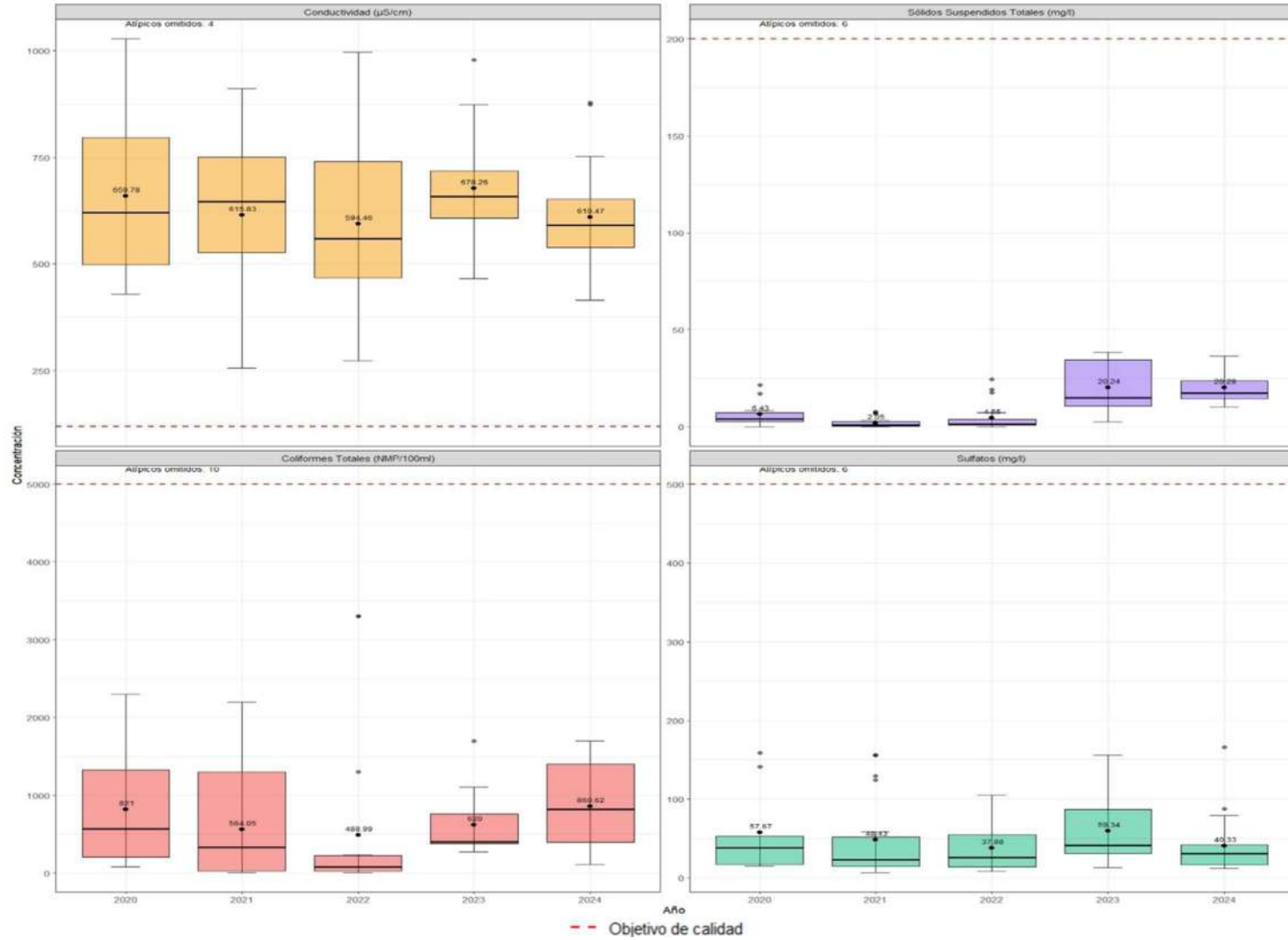
Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: Conductividad; en cuanto al periodo 2016 – 2023, se presentó incumplimiento además de los parámetros Coliformes Totales a nivel de promedios y máximos, así como máximos en Sólidos Suspendedos Totales, Sulfatos y pH, por lo que se analizan en detalle a continuación.

En el Arroyo Tabaco se monitorean dos puntos estratégicos: ARRTAB, ubicado aguas arriba como punto de referencia sin influencia directa de vertimientos y ARRTABE, punto integrador en la parte baja, que recibe la acumulación de aportes de toda la subcuenca antes de su desembocadura. Esta disposición permite evaluar tanto la calidad base del agua como los cambios asociados a las actividades humanas y a procesos naturales de arrastre y mezcla.

A continuación, se presenta la variación de los parámetros destacados y su comparación con los objetivos de calidad establecidos para el cuerpo de agua, si aplica.

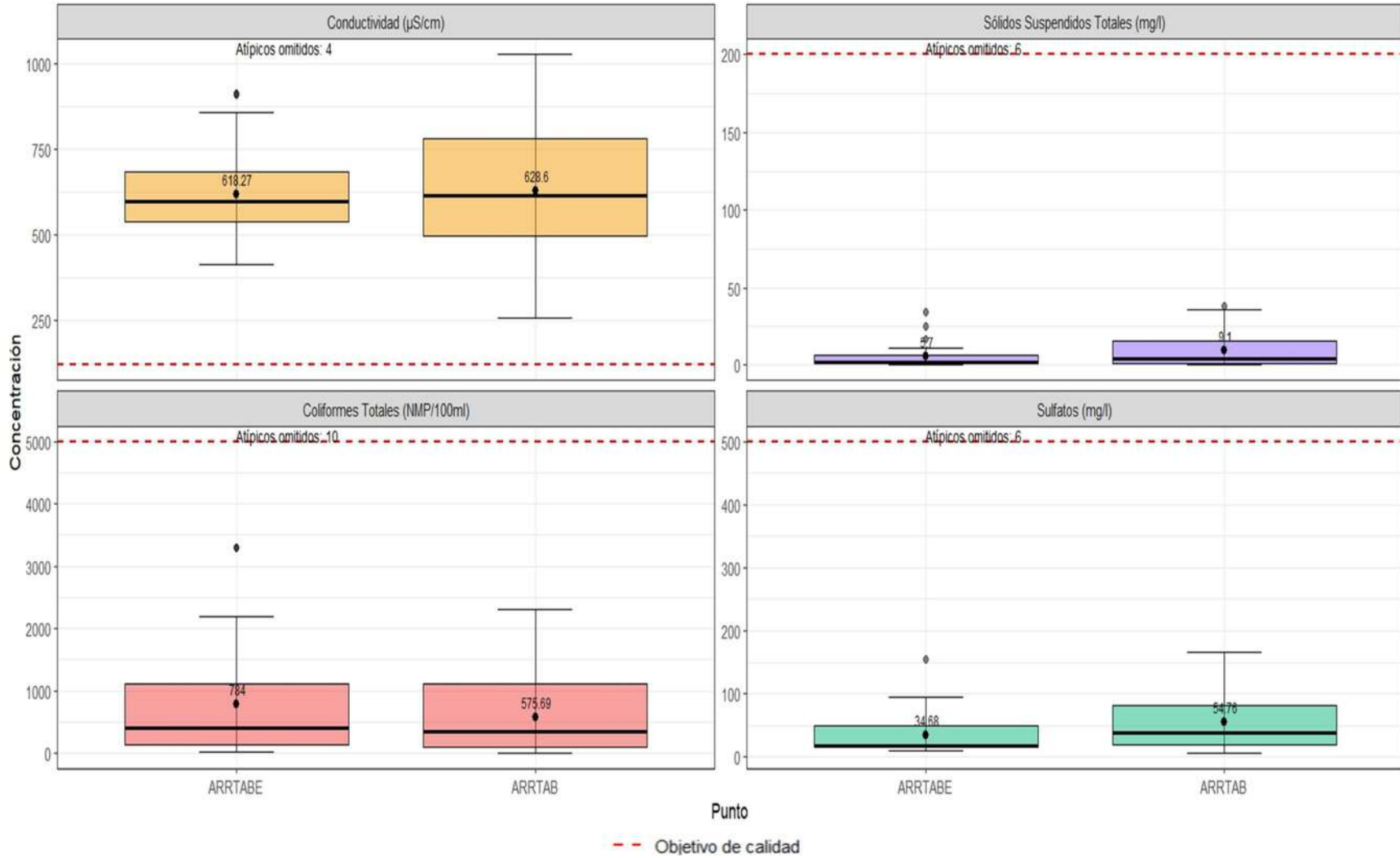


Figura 11 Análisis temporal de parámetros de calidad del agua del Arroyo Tabaco



Fuente: ANLA, 2025.

Figura 12 Análisis espacial de parámetros de calidad del agua del Arroyo Tabaco



Fuente: ANLA, 2025.

El análisis del periodo 2020–2024 revela que la conductividad eléctrica presenta un incumplimiento sistemático en todos los puntos de monitoreo, con valores que superan ampliamente los límites normativos establecidos por CORPOGUAJIRA (<120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Industrial y <150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Receptor). La mayor dispersión de datos se presentó en 2020, seguido de 2022, a partir del cual se redujo la variación de los datos con relación a la mediana, así mismo, se presentó una disminución en los valores máximos para el periodo 2022 a 2024. El valor mínimo fue de 256,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reportado en agosto de 2021, época de transición y se reportó un máximo de 2780,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en julio de 2020, perteneciendo todos estos valores al punto ARRTAB, localizado aguas abajo del vertimiento de la laguna. El promedio general fue de 688,81 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En el caso de los Coliformes totales, el promedio general del periodo 2020 a 2024 fue de 1772,65 NMP/100ml, inferior al límite de uso Industrial (<5000 mg/L). Respecto a los mínimos, estos se presentaron en los meses de diciembre y enero de 2021, época seca, en el punto ARRTAB, con un valor de 7,8 NMP/100ml mientras que los máximos se registraron en enero de 2020, en el punto ARRTAB con un valor de 24000 NMP/100ml, seguido de 13000 NMP/100ml en los puntos ARRTABE y ARRTAB, en los meses de octubre de 2020 y enero de 2021, correspondientes a las temporadas de lluvia y seca, respectivamente. Los resultados de este parámetro en el 2020 muestran una amplia variación en las concentraciones de Coliformes totales, sugiriendo aportes orgánicos en años recientes en este sector, los cuales mostraron una importante reducción a partir del año 2021, la cual se ha mantenido hasta el 2024, a pesar de registrar ligeros aumentos, cumpliendo así con el objetivo de calidad para el cuerpo de agua.

Respecto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se presentan concentraciones por debajo de los 20 mg/L en el periodo 2020 a 2022, a partir de lo cual se generó un aumento significativo en 2023, con máximo de 69,2 mg/L, para volver a disminuir en 2024. Durante el periodo 2020 a 2024 se encontró un mínimo de 0,18 mg/L, en enero de 2020, temporada seca, y un máximo de 85,2 mg/L en noviembre de 2024, temporada de lluvias, siendo este un valor atípico; ambos valores se reportaron en el punto ARRTAB, manteniéndose en todos los años el cumplimiento de los objetivos de calidad (<200 mg/L). Estos incrementos están vinculados a las temporadas de lluvias que favorecen el arrastre de sedimentos desde las laderas y zonas intervenidas de la cuenca.

Respecto a los Sulfatos, para el periodo de análisis los resultados presentaron un promedio de 79,74 mg/L, con máximo de 1113,83 mg/L en el punto ARRTAB registrado en julio de 2022, época de transición, y 155,42 mg/L en el punto ARRTABE en septiembre de 2021, temporada de lluvias. Los mínimos por su parte se presentaron en el punto ARRTAB con valor de 6,77 mg/L, en enero de 2021, y ARRTABE con valor de 9,47 mg/L en mayo de 2021. Durante el 2020 se observó una amplia variación en los datos, no obstante, la mayoría de estos se encontraron por debajo de los 50 mg/L. Para el periodo 2021 a 2023 se observó una



tendencia al aumento en los máximos reportados, para volver a disminuir en 2024. Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad, para el periodo de análisis los valores se mantuvieron por debajo del máximo establecido (<500 mg/L).

En cuanto al pH, para el periodo de análisis los resultados se presentan en el rango 7,18-8,92 Unidades, manteniéndose en promedio dentro del rango permitido (6,5–8,5), con un valor medio de 8,12; concluyendo que las aguas del arroyo Tabaco tienden a ser de carácter básico. Respecto a los objetivos de calidad, se presentaron excedencias en los valores máximos en 2021 y 2022, en particular, se alcanzaron máximos de 8,92 en el punto ARRTAB registrado en junio de 2022, y 8,49 en el punto ARRTABE en julio de 2024, reportados durante la temporada seca.

En síntesis, el Arroyo Tabaco presenta un incumplimiento sistemático en conductividad eléctrica y excedencias puntuales en pH y Coliformes Totales, no obstante, este comportamiento mejoró para el año más reciente. Si bien la mayoría de los parámetros cumplen de manera sostenida, la presencia de estos incumplimientos indica la necesidad de mantener un monitoreo sobre estos parámetros para establecer sus causas y establecer medidas correctivas.

2.2.4.6 Arroyo Bruno

En la siguiente tabla (ver

Tabla 13) se presentan los resultados estadísticos principales del arroyo Bruno y para el análisis, de acuerdo con los objetivos de calidad, el Arroyo Bruno tiene un uso priorizado de industrial, por lo que se tomarán estos criterios como referencia. Es de mencionar que este cuerpo de agua es receptor de vertimientos de la Laguna Potreritos y que la ubicación de los puntos de monitoreo analizados se encuentra previo al tramo de desviación del arroyo autorizado mediante Resolución 759 de 14 de julio de 2014.

Tabla 13. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del Arroyo Bruno

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	217,321	153,416	256,000	24,116	NA
Cloruros en mg/L	47,172	20,560	79,870	17,788	NA
Cobre en mg/L	0,088	0,030	0,100	0,027	NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	610,833	330,000	1400,000	279,626	NA
Coliformes Totales en NMP/100ml	769,542	39,000	1700,000	383,789	<5000
Conductividad en µS/cm	753,908	419,600	1354,000	265,431	<120
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	3,170	2,340	4,190	0,821	<50
Demanda Química de Oxígeno en mg/L					<100





Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Fluoruros en mg/L	0,205	0,136	0,293	0,045	NA
Fósforo Total en mg/L	0,137	0,114	0,155	0,017	NA
Grasas y Aceites en mg/L					<50
Hierro en mg/L	0,214	0,100	1,091	0,217	NA
Nitratos en mg/L	0,252	0,104	1,112	0,260	<30
Nitritos en mg/L					<0,3
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	2,010	2,010	2,010		NA
Ortofosfatos en mg/L	0,162	0,098	0,190	0,043	NA
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,356	6,111	8,071	0,597	> 4
Plomo en mg/L	0,002	0,001	0,005	0,002	NA
Sólidos Disueltos en mg/L	457,955	238,000	950,000	200,639	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,800	0,800	0,800		NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	16,967	10,750	26,500	6,502	<200
Sólidos Totales en mg/L	479,472	284,000	922,000	200,950	NA
Sulfatos en mg/L	102,513	12,335	377,617	117,906	<500
Temperatura en °C	29,564	25,130	33,900	2,753	NA
Turbidez en NTU	4,331	1,090	16,300	4,232	NA
Valor de pH	7,895	7,140	8,435	0,403	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Los parámetros Demanda Química de Oxígeno, Grasas y Aceites, y Nitritos reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 25,1°C y 33,9°C; el pH (7,14 – 8,44) se encuentra dentro del rango establecido por el objetivo de calidad (6,5-8,5), evidenciando en ambos casos, una disminución en el rango respecto al periodo 2016 – 2023; es importante resaltar que el máximo de pH en el periodo 2016 - 2023 presentó incumplimiento del objetivo de calidad. Sobre la DBO₅ se reportan valores máximos de 4,19 mg/L , mientras que la DQO reportó <25,00 mg/L, es decir, inferiores al límite de detección, presentando para ambos parámetros cumplimiento al objetivo de calidad; el valor mínimo de oxígeno disuelto reportado es de 6,11 mg/L, superior al límite inferior definido por CORPOGUAJIRA de 4 mg/L, respecto al periodo 2016 – 2023, se presentó una disminución en los estadísticos reportados para DQO, mientras que para DBO₅ y Oxígeno Disuelto los valores fueron superiores durante el 2024.

El promedio de alcalinidad (217,32 mg/L) se mantiene por debajo de niveles de alteración definidos en literatura técnica (Roldan y Ramírez, 2008).

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



de manera generalizada con fósforo total $> 0,02$ mg/L y ortofosfatos $> 0,014$ mg/L (Roldan y Ramírez, 2008 y USEPA, 1987); por su parte los compuestos de nitrógeno los cuales presentaron valores < 2 mg/L, el cual se establece como límite inferior para las condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968).

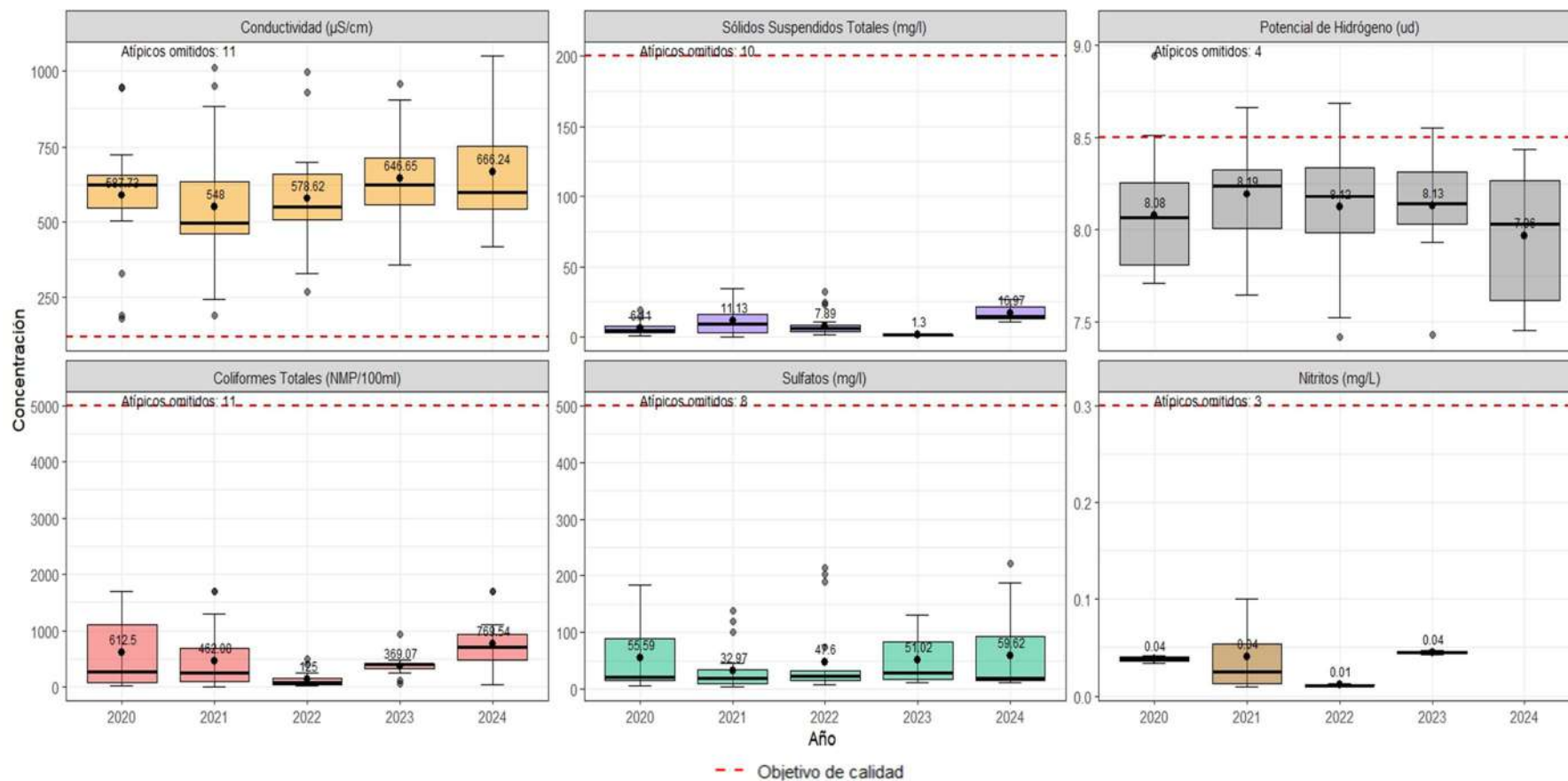
En cuanto a otros iones, los fluoruros presentan promedio de 0,21 mg/L; cloruros promedio 47,17 mg/L), en el primer caso, se presenta una disminución respecto a los promedios reportados en el periodo 2016 – 2023, mientras que, para el segundo, se tiene un incremento durante el 2024; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección, bajos o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

En general se presentan concentraciones de los sólidos totales tales un valor promedio de 479,47 mg/L y para los disueltos de 457,96 mg/L, siendo estos superiores a los reportados en el periodo 2016 - 2023.

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales se encuentran en cumplimiento de los objetivos establecidos, siendo los valores del 2024, inferiores a los registrados en el periodo 2016 - 2023.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: Conductividad; en cuanto al periodo 2016 – 2023, se presentó incumplimiento además de los parámetros Coliformes Totales a nivel de promedios y máximos, así como máximos en Sólidos Suspendidos Totales, Sulfatos, Nitritos y pH, por lo que se analizan en detalle a continuación, comparándolos con los objetivos de calidad establecidos para el cuerpo de agua, si aplica.

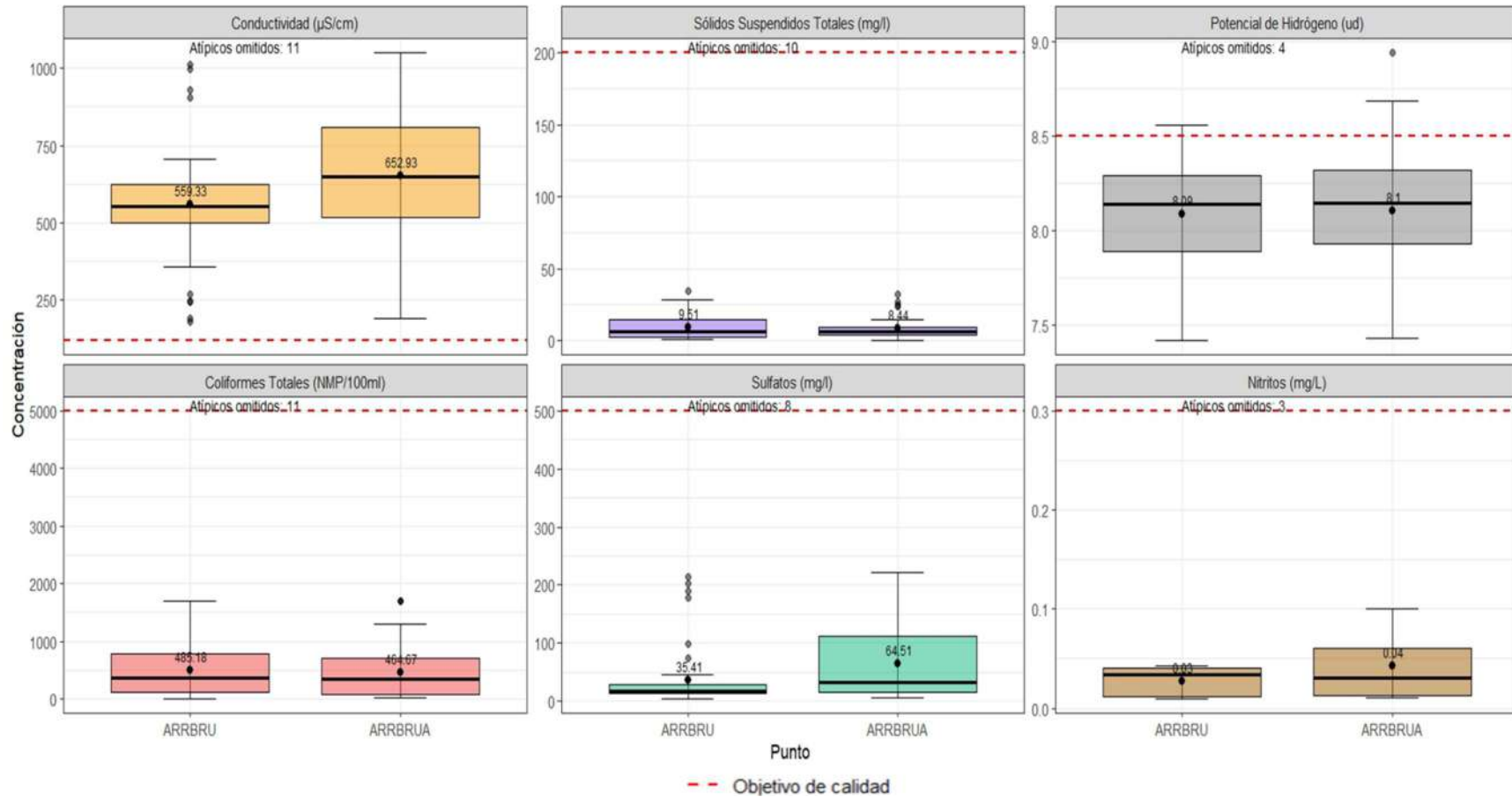
Figura 13 Análisis temporal de parámetros de calidad del agua del Arroyo Bruno



Fuente: ANLA, 2025.

En el Arroyo Bruno se monitorean dos puntos principales: ARRBRU y ARRBRUA, para los cuales a continuación se presentan los análisis espaciales realizados para los parámetros antes mencionados y su comparación con los objetivos de calidad, si aplica:

Figura 14 Análisis espacial de parámetros de calidad del agua del Arroyo Bruno



Fuente: ANLA, 2025.

Durante el periodo 2020–2024, la conductividad eléctrica presentó un incumplimiento persistente para la conductividad eléctrica, que muestra valores consistentemente por encima de los límites normativos ($<120 \mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Industrial y $<150 \mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Receptor) para todo el periodo de análisis, durante el cual se alcanzó un mínimo de $151,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ en octubre de 2021, correspondiente a temporada de lluvias y un máximo de $1437,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ en diciembre de 2022, época de lluvias, con promedio general de $643,13 \mu\text{S}/\text{cm}$. En cuanto a la variación espacial, se encontró que se presentó incumplimiento en los dos puntos de monitoreo, conductividades mínimas de $180,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto aguas arriba (ARRBRU) y de $151,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ aguas abajo (ARRBRUA), a su vez, para el punto aguas arriba se presentó un pico de conductividad de $1437,0 \mu\text{S}/\text{cm}$ y aguas abajo de $1354,0 \mu\text{S}/\text{cm}$, estableciéndose así un incumplimiento sistemático que obedece a una mineralización natural elevada.

En cuanto a Coliformes Totales, el análisis temporal muestra una importante variación en 2020, con mínimo de $13,00 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (ARRBRU), máximo de $220000,00 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (ARRBRUA) y media de $13630,56 \text{ NMP}/100\text{ml}$, reportados para dicho año, posteriormente, se registró una disminución en los datos registrados, con máximos de $4700 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (ARRBRUA), $54000 \text{ (ARRBRU)NMP}/100\text{ml}$ y $940 \text{ NMP}/100\text{ml}$ (ARRBRUA), en 2021, 2022 y 2023, respectivamente, registrando luego un leve aumento en los datos reportados para el 2024, siendo $1700,00$ el valor máximo, el cual se presentó en noviembre de dicho año en ambos puntos de monitoreo. Se destaca que los máximos se presentaron en general para la temporada de lluvia. A partir de los datos anteriores concluye que existe una leve tendencia al aumento, no obstante, se dio cumplimiento al objetivo de calidad los dos últimos años ($<5000 \text{ NMP}/100\text{ml}$).

Respecto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los registros más altos de este parámetro se presentaron en mayo de 2021, con $1557 \text{ mg}/\text{L}$, siendo este un dato atípico respecto de los muestreos realizados en el periodo de análisis; mientras, el mínimo se presentó en mayo de 2023, con $0,60 \text{ mg}/\text{L}$. En cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad ($200 \text{ mg}/\text{L}$), en 2020, 2021 y 2023 se presentaron al menos un valor que superó el límite establecido, por el contrario, en 2022 y 2024 los datos reportados se mantuvieron por debajo de los $35 \text{ mg}/\text{L}$, evidenciándose una disminución en 2024, respecto a años anteriores. Respecto a la variación espacial, se observa que el punto localizado aguas abajo (ARRBRUA) es el que ha presentado las concentraciones más altas de este parámetro, siendo en este punto en el que se superan los objetivos de calidad ($200 \text{ mg}/\text{L}$), no obstante, en 2021 se presentó también incumplimiento del objetivo en el punto AARRBRU, con $837,0 \text{ mg}/\text{L}$.

Los Sulfatos registraron una amplia variación en los datos, con un promedio general de $72,49 \text{ mg}/\text{L}$, máximo de $648,51 \text{ mg}/\text{L}$ (ARRBRUA), en agosto de 2020 y mínimo de $5,04 \text{ mg}/\text{L}$ (ARRBRU) en agosto de 2021, en cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad ($<500 \text{ mg}/\text{L}$), se observa que la gran mayoría de los datos se encuentran por debajo del límite máximo para el parámetro, así como de los $250 \text{ mg}/\text{L}$ y $400 \text{ mg}/\text{L}$ que establecen los artículos

2.2.3.3.9.3. y 2.2.3.3.9.4. del Decreto 1076 de 2015 como criterios de calidad para el tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico y desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico. Las variaciones de este parámetro presentan relación con los datos reportados para la conductividad, con una tendencia al aumento para la medida y la mediana desde el año 2021 y un aumento en la variación de los datos respecto de la mediana, con sesgo hacia la derecha para el 2024.

Respecto a los nitritos, durante el periodo analizado se registraron valores mínimos de 0,01 mg/L, en diciembre de 2021 y máximo de 0,46 mg/L en septiembre de 2021, correspondiente a un valor atípico. En general los valores se mantuvieron por debajo de los 0,2 mg/L, con pocas variaciones en los reportes y manteniéndose en su mayoría, por debajo del objetivo de calidad establecido para el uso industrial (<0,3 mg/L). Por su parte, los años 2020 y 2024 no se presentaron datos o estos fueron inferiores al límite de detección, respectivamente. En cuanto a la variación espacial, no se observaron diferencias significativas en los puntos ARRBRU y ARRBRUA.

En cuanto al pH, para el periodo de análisis los resultados se presentaron en el rango 7,03-8,94 Unidades, manteniéndose en promedio dentro del rango permitido (6,5–8,5), con un valor medio de 8,06 concluyendo que las aguas del arroyo Bruno tienden a ser de carácter básico. Respecto a los objetivos de calidad, se presentaron excedencias en los valores máximos de todos los años del periodo de análisis con excepción del 2024, en particular, se alcanzaron máximos de 8,94 en el punto ARRBRUA registrado en agosto de 2020, el cual corresponde a un dato atípico, y 8,56 en el punto ARRBRU en febrero de 2022, reportados durante la época de transición y la época seca, respectivamente. Lo anterior indica condiciones puntuales de alcalinización que podrían estar asociadas a procesos de fotosíntesis intensa y baja renovación del flujo.

En síntesis, el Arroyo Bruno presenta un incumplimiento generalizado en conductividad eléctrica y excedencias puntuales en pH, nitritos, Sólidos Suspendedos Totales, Coliformes Totales y Sulfatos. Aunque la mayoría de los parámetros cumplen de forma sostenida, la persistencia de estos incumplimientos subraya la necesidad de mantener un monitoreo continuo para identificar las causas e implementar medidas.

2.2.4.7 Río Ranchería

De acuerdo con la información de muestreos y campañas de calidad realizadas durante el 2024, en la Tabla 14 se presenta un resumen estadístico de los principales hallazgos respecto a la calidad del agua del río Ranchería. Para el análisis se tomará como objetivo de calidad uso agrícola. Se tomaron los quince (15) puntos distribuidos a lo largo del río y en cercanías del proyecto LAM1094.


Tabla 14. Valores estadísticos y cumplimiento de los objetivos de calidad del río Ranchería

Parámetros	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación estándar	Objetivo de calidad
Alcalinidad Total en mg/L CaCO ₃	104,168	26,450	154,432	31,169	NA
Cadmio en mg/L	0,000	0,000	0,000	0,000	NA
Cloruros en mg/L	17,677	5,260	67,660	7,505	NA
Cobre en mg/L					NA
Coliformes Fecales en NMP/100ml	1118,832	1,000	9208,000	951,284	<2000
Coliformes Totales en NMP/100ml	1545,292	1,000	13540,000	1313,784	<5000
Conductividad en μ S/cm	292,369	61,060	521,500	103,176	<50
Cromo en mg/L	0,014	0,011	0,017	0,003	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno en mg/L	4,113	2,130	6,430	1,368	<20
Demanda Química de Oxígeno en mg/L	28,361	0,000	138,820	45,881	<30
Fenoles en mg/L					NA
Fluoruros en mg/L	0,239	0,103	0,557	0,085	NA
Fósforo Total en mg/L	0,378	0,057	3,620	0,456	NA
Grasas y Aceites en mg/L	0,222	0,000	1,200	0,470	NA
Hierro en mg/L	2,711	0,359	37,416	5,911	NA
Nitratos en mg/L	0,575	0,000	4,830	0,465	<15
Nitritos en mg/L	0,035	0,000	0,924	0,088	<0,15
Nitrógeno Amoniacal en mg/L	25,998	0,000	209,000	61,473	NA
Nitrógeno Total Kjeldahl en mg/L	8,760	1,480	294,000	37,995	NA
Ortofosfatos en mg/L	0,474	0,067	0,904	0,180	<1
Oxígeno Disuelto en mg/L	7,050	5,140	8,178	0,534	>4
Plomo en mg/L	0,001	0,000	0,009	0,002	NA
Sólidos Disueltos en mg/L	192,152	48,000	334,000	63,323	NA
Sólidos sedimentables en mg/L	0,480	0,100	3,000	0,649	NA
Sólidos suspendidos totales en mg/L	200,463	5,200	2582,000	392,526	<20
Sólidos Totales en mg/L	376,919	64,000	2730,000	383,403	NA
Sulfatos en mg/L	23,484	5,918	74,890	10,387	-
Temperatura en °C	28,158	22,950	34,000	2,062	NA
Turbidez en NTU	193,938	0,950	2500,000	430,196	NA
Valor de pH	16,549	6,407	756,000	77768.000	6,5-8,5

Fuente: ANLA, 2025.

Los parámetros Cobre y Fenoles reportaron valores inferiores al límite de detección por lo cual no se presentan análisis estadísticos.

En cuanto a otros parámetros fisicoquímicos, el rango de la temperatura del agua varía entre 22,95 °C y 34,00°C, con una disminución respecto del periodo 2016 – 2023; el pH varía entre 6,41 – 756,00, presentando incumplimiento en el objetivo de calidad, con valores significativamente superiores a los reportados para la serie de datos entre el 2016 -2023; para



la DQO se presentan un valor máximo de 138,82 mg/L y presenta incumplimiento en el objetivo de calidad; el valor máximo de la DBO₅ (6,43 mg/L) en cumplimiento en el objetivo de calidad; el oxígeno disuelto presenta cumplimiento del objetivo de calidad (<4 mg/L) para su valor mínimo; el promedio de alcalinidad (104,17 mg/L) se mantiene en niveles adecuados (Roldan y Ramírez, 2008).

En general no se observan valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos (grasas y aceites, hidrocarburos totales y fenoles), contrario a lo reportado periodo 2016 – 2023, en los que se observaron valores relevantes en los grupos de compuestos orgánicos grasas y aceites (máx. 29,30 mg/L) y fenoles (promedio 0,06 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); los compuestos de nitrógeno presentaron en general valores máximos > 2 mg/L coincidentes con condiciones de eutrofia (Vollenweider, 1968), y específicamente, el valor máximo de nitritos (0,92 mg/L) presentó incumplimiento en el objetivo de calidad establecido (0,15 mg/L) y cumple para los nitratos.

En cuanto a otros iones, los fluoruros presentan promedio de 0,24 mg/L; cloruros promedio 17,68 mg/L), en el primer caso, se presenta un aumento respecto a los promedios reportados en el periodo 2016 – 2023, mientras que, para el segundo, se tiene una disminución durante el 2024; respecto a metales y metaloides en general se observan resultados por debajo de los límites de detección, bajos o en cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

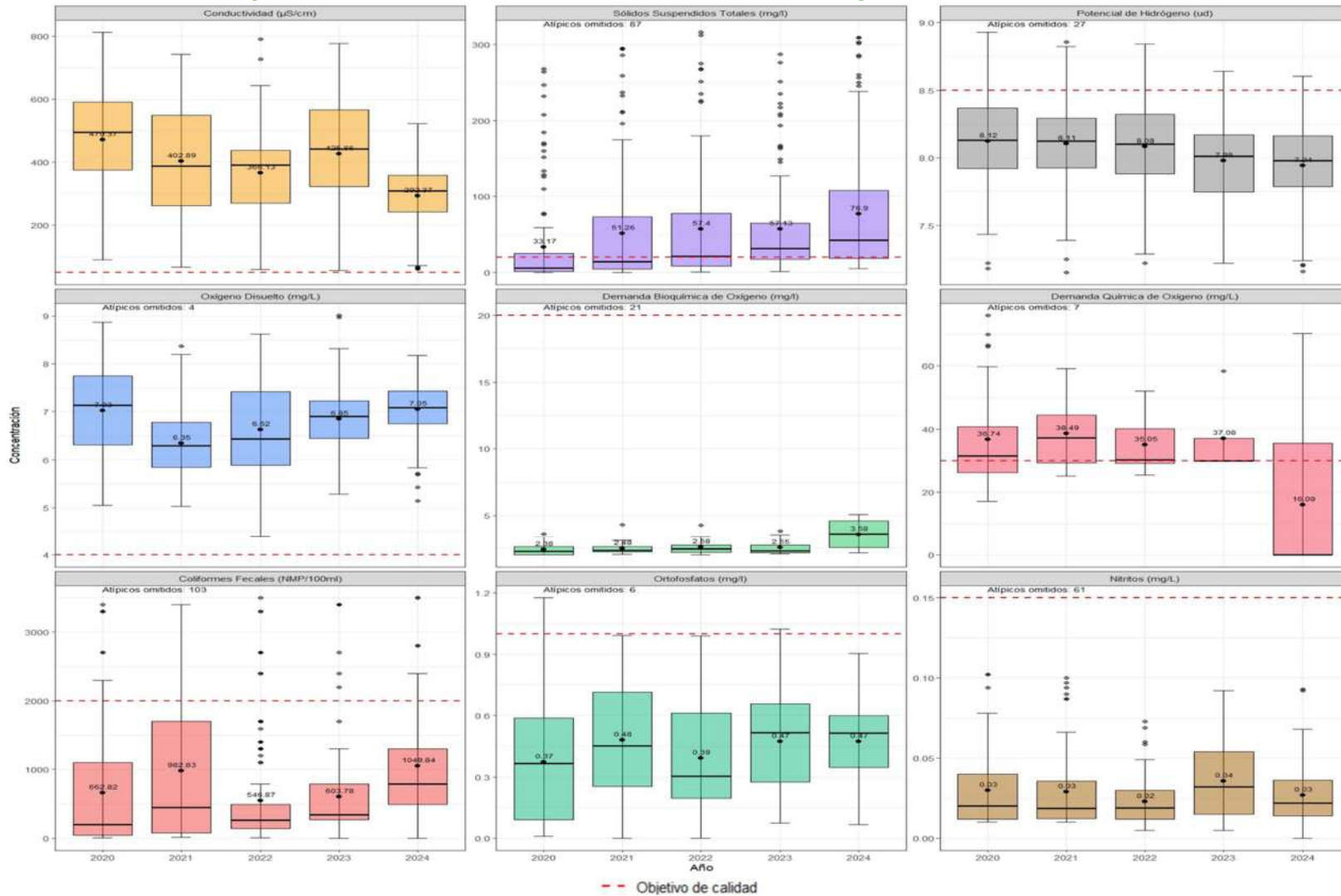
Es importante resaltar que en el río Ranchería, en el periodo 2016 – 2023, se evidenció presencia de Cadmio con promedio 0,02 mg/L y valor máximo en el punto Rio114, Cobre con promedio de 0,026 mg/L y valor máximo en el punto Rio116, Cromo con promedio 0,032 mg/L y valor máximo en el punto Rio115 y Plomo con promedio de 0,03 mg/L en el punto RIO103. Durante el 2024, los valores registrados de estos parámetros en el río Ranchería se mantuvieron por debajo de los límites de detección en los parámetros de Cadmio y Cobre, mientras que se presentaron promedios de 0,014 mg/L para el Cromo y 0,001 mg/L para el Plomo, con una disminución en los promedios y máximos en el último periodo analizado (2024).

En general se presentan concentraciones de los sólidos totales tales un valor promedio de 376,92 mg/L y para los disueltos de 192,15 mg/L, siendo estos superiores a los reportados en el periodo 2016 - 2023. En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales, se presenta un incumplimiento en los objetivos de calidad (<20), para los valores promedio y máximo durante el 2024, manteniendo las condiciones reportadas para los estadísticos de referencia (2016 - 2023).

Por último, en cuanto a microbiológicos, los coliformes totales y fecales se presenta incumplimiento de los objetivos establecidos, siendo los valores del 2024, inferiores a los registrados en el periodo 2016 - 2023.

Según la tabla anterior, se observa incumplimiento en algunos objetivos de calidad, en los parámetros: Demanda Química de Oxígeno y Nitritos en sus valores máximos, así como a nivel de promedios y máximos como en los Coliformes Fecales y Sólidos Suspendidos Totales; y Conductividad y pH en valores mínimos, promedios y máximos. En cuanto al periodo 2016 – 2023, se presentó incumplimiento además de los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno, Ortofosfatos y Oxígeno Disuelto en alguno de sus estadísticos, por lo que se analizan en detalle a continuación, presentando como referencia el objetivo de calidad establecido (línea roja punteada), si aplica.

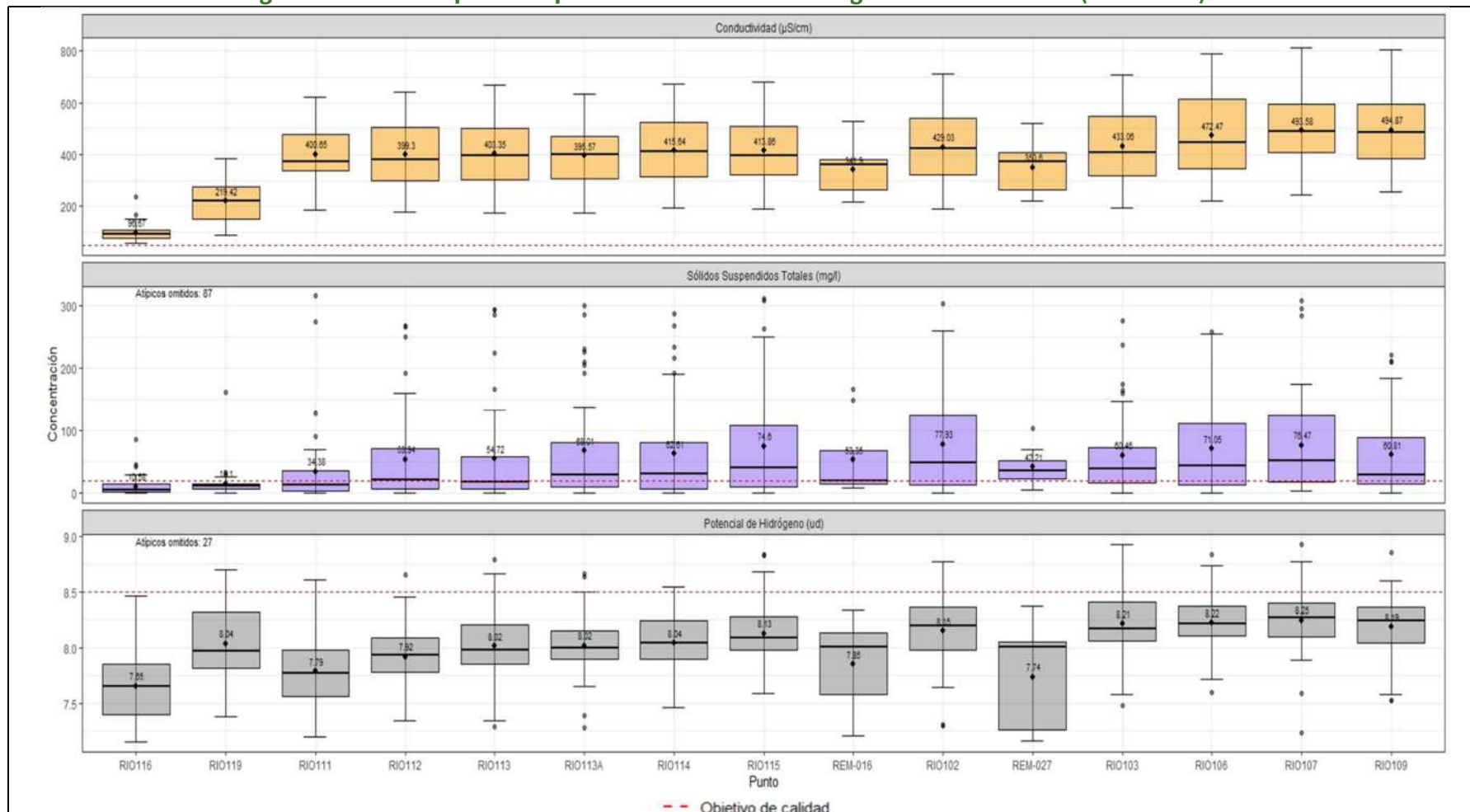
Figura 15 Análisis temporal de parámetros de calidad del agua del río Ranchería (2020-2024)

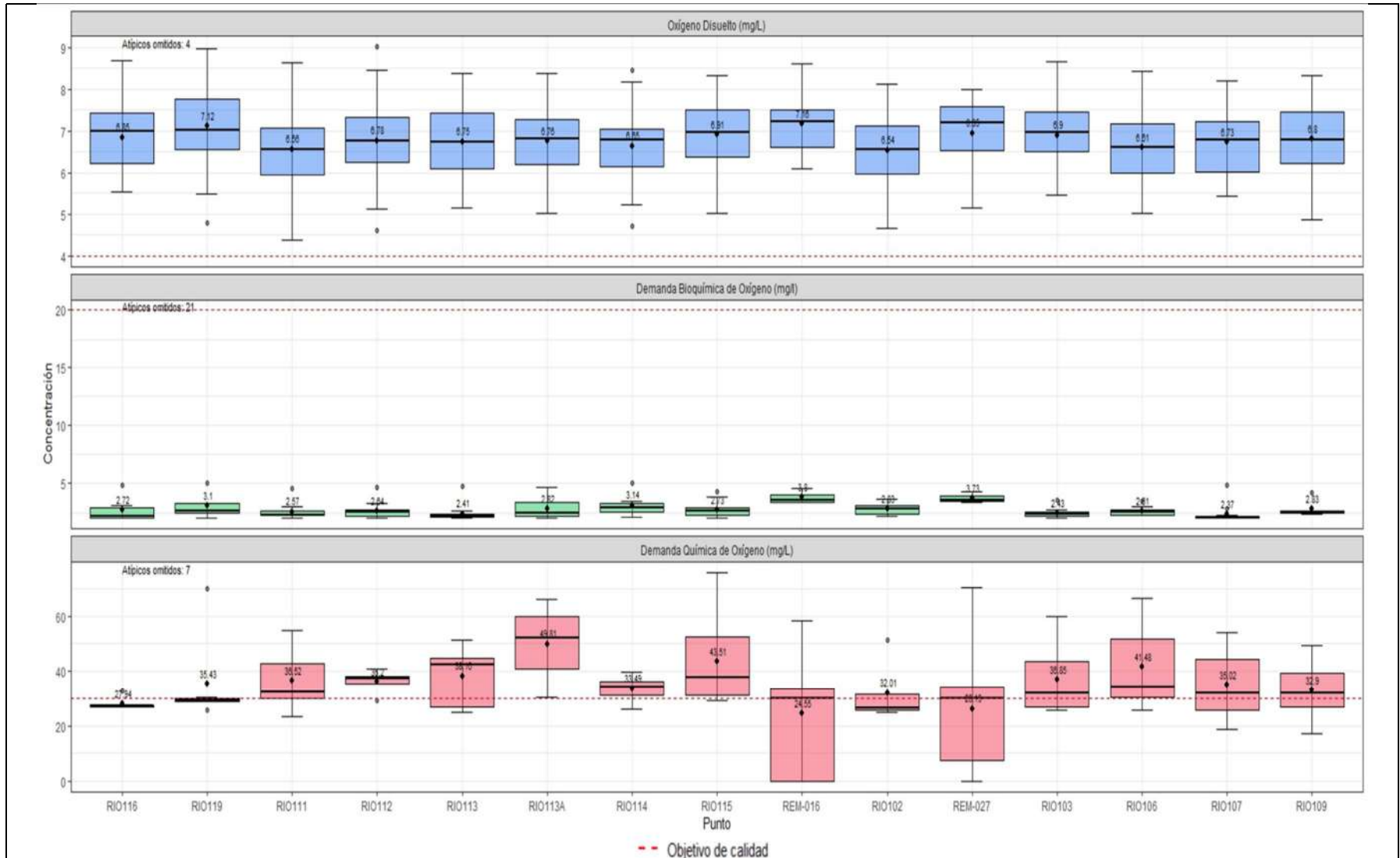


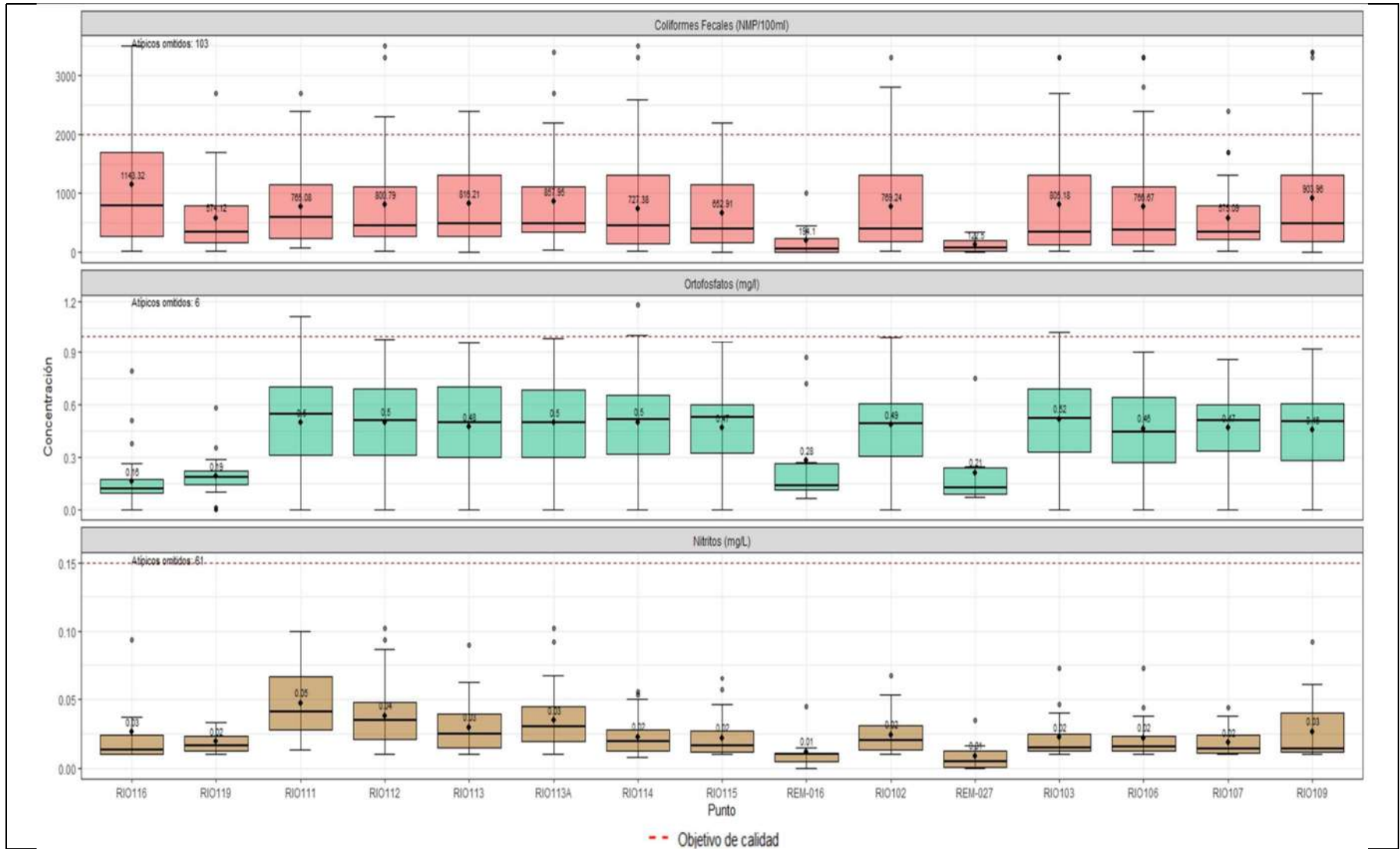
Fuente: ANLA, 2025.

En el Río Ranchería se cuenta con una red de catorce puntos de monitoreo, entre ellos REM-016 y REM-027 en las zonas de referencia, y los tramos RIO102, RIO103, RIO106, RIO107, RIO109, RIO111, RIO112, RIO113, RIO113A, RIO114, RIO115, RIO116 y RIO119, que permiten evaluar tanto condiciones naturales como la influencia de actividades agropecuarias, urbanas e industriales.

Figura 16 Análisis espacial de parámetros de calidad del agua del río Ranchería (2020-2024)







Fuente: ANLA, 2025.

Durante el periodo 2020–2024, la conductividad eléctrica presentó variaciones importantes a lo largo de la cuenca. El promedio general fue de 389 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un máximo registrado de 878 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RIO107 y un valor mínimo de apenas 29,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mismo punto, lo que refleja tanto aportes de sales como posibles descargas que diluyen la mineralización en ciertos eventos. Los promedios más altos se registraron en RIO107 (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y RIO109 (495 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indicando un incremento de la mineralización aguas abajo, mientras que el punto RIO116 mostró los valores más bajos (media de 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$), cercano a los criterios de referencia.

Estas cifras superan de manera consistente los límites de calidad establecidos para uso Industrial (<120 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y Receptor (<150 $\mu\text{S}/\text{cm}$), lo que evidencia un incumplimiento sistemático en la mayoría de los puntos. La presencia de valores extremos y la desviación estándar elevada (166 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en general, hasta 167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en RIO107) confirman que la mineralización del agua es un rasgo dominante del Ranchería, intensificado por la acumulación de aportes aguas abajo y la influencia de actividades humanas en el territorio.

En el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el promedio general del periodo 2020 a 2024 fue de 38,62 mg/L, superior al límite de uso agrícola (<30 mg/L). Respecto a los mínimos, estos se presentaron principalmente en los puntos REM-016 y REM-027 para el periodo 2024, así como en el punto RIO107, con 2,00 mg/L en el mes de septiembre de 2020, abarcando épocas seca y de lluvias; mientras que los máximos se registraron en junio de 2024, en el punto REM-016 con un valor de 138,82 mg/L (por encima del objetivo de calidad para uso industrial, de 100 mg/L), seguido de 95,30 mg/L en el punto RIO109 en el mes de noviembre de 2020, correspondiente a la temporada de lluvia. Los resultados de este parámetro muestran una disminución en medios y máximos en el periodo 2020 a 2023, mientras que para el 2024, tanto el promedio como el máximo superan significativamente el máximo del objetivo de calidad con un valor atípico. La variación espacial muestra que no existe una diferencia marcada en los puntos de monitoreo, manteniéndose los máximos en los mismos ordenes de magnitud, con excepción del valor máximo reportado para el punto REM-016.

Respecto a los nitritos, durante el periodo analizado se registraron valores mínimos de 0,005 mg/L o inferiores al límite de detección, en octubre de los años 2022, 2023 y 2024, febrero del 2023, y junio y diciembre del 2024, correspondientes a las temporadas de lluvia y seca, en los puntos REM-016 y REM-027, del expediente LAM3491. Así mismo, el máximo se presentó en septiembre de 2020 con 2,68 mg/L en el punto RIO115. En general los valores se mantuvieron por debajo de los 1,0 mg/L, con pocas variaciones en los reportes, pero por encima del objetivo de calidad establecido para el uso agrícola (<0,15 mg/L), con un promedio general de 0,15 mg/L, siendo el 2020 el año con mayor variación en los datos y que registró los valores más altos. En cuanto a la variación espacial, no se observaron diferencias significativas en los puntos reportados por el expediente LAM1094, mientras que en los

puntos REM-016 y REM-027, se presenta una menor dispersión de datos, no obstante, es importante tener en cuenta que estos últimos puntos presentan menor cantidad de datos para el periodo de análisis.

En el caso de los Coliformes fecales, el promedio general del periodo 2020 a 2024 fue de 4237,22 NMP/100ml, inferior al límite de uso Agrícola (<2000 mg/L). Respecto a los mínimos, estos se presentaron en los meses de febrero y diciembre de 2024, así como febrero de 2023, época seca, en los puntos REM-016 y REM-027, del expediente LAM3491, con un valor de 1,0 NMP/100ml; mientras que los máximos se registraron en octubre y noviembre de 2020, en el punto RIO113A con valores de 170000,00 NMP/100ml, seguido de 110000,00 NMP/ml correspondientes a la temporada de lluvia. Los resultados de este parámetro muestran una disminución en las concentraciones máximas de Coliformes fecales para el periodo de análisis, sugiriendo aportes orgánicos que han ido reduciéndose, llegando a ser inferiores a los 10000,00 NMP/ml, aunque manteniéndose por encima de los máximos establecidos en los objetivos de calidad. La variación espacial muestra que no existe una diferencia marcada en los puntos de monitoreo, manteniéndose los máximos en por debajo de los 100000,00 NMP/100ml, en la mayoría de los casos, con excepción del punto RIO113A.

Respecto a los Sólidos Suspendidos Totales (SST), los registros más altos de este parámetro se presentaron en junio del 2024, con 2582,00 mg/L en el punto REM-016, siendo este un dato atípico respecto de los muestreos realizados en el periodo de análisis, así mismo, el mínimo se presentó en las campañas de los meses de junio, julio, septiembre, octubre y diciembre del 2020, así como en junio del 2024, con 0,10 mg/L. En cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad para el uso agrícola (20 mg/L), en todos los años se presentaron datos que superaron el valor establecido, siendo el 2024, el año con valores más altos respecto a años anteriores. Con relación a la variación espacial, se observa que los puntos REM-016 y REM-027 presentaron las concentraciones más altas de este parámetro, con las medias más altas, por el contrario, RIO116 y RIO119 los que reportaron las medias y máximas más bajas con concentraciones de hasta 86,00 mg/L y 162,00 mg/L respectivamente.

La conductividad eléctrica, por su parte, presentó un promedio general de 388,59 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con mínimo de 29,75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y máximo de 877,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reportados ambos en diciembre de 2020. Con un incumplimiento sistemático frente a los límites establecidos por CORPOGUAJIRA (<50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso agrícola y <150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para uso Receptor), durante todo el periodo de análisis. En cuanto a las tendencias, se observa una disminución en máximos y promedios, presentando los estadísticos más bajos en el último año (2024), en cuanto a la dispersión de los datos, se observa que la mayor variación se presentó en los años 2020 y 2021. En cuanto a la variación espacial, se observa que los valores máximos y mínimos se reportaron en el punto RIO107, del expediente LAM1094, mientras que en los puntos RIO116 y RIO119, correspondientes a los puntos más aguas arriba del río Ranchería, no registraron valores superiores a los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un aumento gradual hacia aguas abajo.

En cuanto al pH, para el periodo de análisis los resultados mostraron un promedio general 9,92 Unidades, con un rango de entre 0,0002 – 756,00 Unidades, presentando valores alejados el rango permitido para el uso agrícola (4,0–9,0). Al respecto se evidenció en la variación temporal que en el periodo 2020 a 2023 se observaron promedios en el rango de los 7,95 y 8,18 Unidades, sin embargo, para el 2024, se registró un promedio por encima de los 16,00 Unidades, evidenciando que el promedio general se encuentra influenciado por los datos en 2024, los cuales pueden deberse a fallas en la medición o reporte realizados en este periodo. Respecto a la variación espacial, se encontró que en los puntos RIO115 y RIO109 presentaron valores de hasta 9,32 y 8,99 reportados en marzo del 2021. Por su parte, en los puntos REM-016 y REM-027 se presentaron máximos superiores a las 650 Unidades en el 2024; en cuanto a los mínimos, estos se reportaron para los puntos RIO107 y RIO119 con 0,0002 y 6,36 unidades, en diciembre de 2020 y noviembre de 2022, respectivamente; de esta manera se evidencia un incumplimiento de los objetivos de calidad en varios puntos de monitoreo y en varias de las campañas realizadas. De esta manera se recomienda la revisión de los procesos de medición y reporte de los datos en particular para aquellos que superan las 14 Unidades, así como los que son cercanos a cero, toda vez que no son consistentes con el comportamiento natural de estos cuerpos de agua.

En el caso de la Demanda Bioquímica de Oxígeno – DBO₅, el promedio general del periodo 2020 a 2024 fue de 32,95 mg/L, superior al límite de uso Agrícola (<20 mg/L). Respecto a los mínimos, estos se presentaron en octubre de 2024, en los puntos REM-016 y REM-027, con valor de 0,00 y en los puntos RIO103, RIO107, RIO115 y RIO116, en las campañas de 2020, con 2,00 mg/L; mientras que los máximos se registraron en diciembre de 2020 con 4900,00 mg/L en el punto RIO107, seguido de 42,20 mg/L en el punto REM-016 en el mes de junio de 2024. Los resultados de este parámetro muestran un incremento gradual en máximos y medios, presentando los estadísticos más altos en el último año, siendo este en el que los datos superaron el máximo del objetivo de calidad con un valor atípico. La variación espacial muestra una diferencia marcada en los puntos de monitoreo reportados por los expedientes LAM1094 y LAM3491, siendo en este último en el que se presenta mayor dispersión de datos y máximos y promedios más altos.

Respecto a los Ortofosfatos, para el periodo de análisis los resultados presentaron un promedio de 0,45 mg/L, con máximo de 1,75 mg/L en el punto RIO116 registrado en febrero de 2021, época de seca. Los mínimos por su parte se presentaron en octubre de 2021 y febrero de 2022, en los puntos del expediente LAM1094, con valor de 0,0 mg/L o inferior al límite de detección, y en junio, octubre y diciembre de 2020 con valor de 0,01 mg/L en los puntos RIO116, RIO114, RIO115 y RIO107. Durante el 2021 se observó una amplia variación en los datos respecto de la mediana, no obstante, la mayoría de estos se encontraron por debajo de los 0,80 mg/L. Para el periodo 2020, 2021 y 2023 se presentaron valores superiores a 1,0 mg/L superior máximo establecido en los objetivos de calidad (<1,00 mg/L), mientras que el 2024 se destaca por presentar la menor variación. No se observaron diferencias significativas espacialmente, con excepción de los puntos RIO116 y RIO119, localizados más aguas arriba en el río Rancharúa, los cuales mostraron las medidas más bajas.



En el caso del Oxígeno Disuelto, el promedio general del periodo 2021 a 2024 fue de 6,80 mg/L, superior al límite de uso Agrícola (>4 mg/L). Respecto al mínimo, este se presentó en abril de 2022, épocas de transición, el punto RIO111, con valor de 4,39 mg/L; mientras que el máximo se registró en noviembre de 2023, en el punto RIO107 con un valor de 9,80 mg/L, correspondiente a la temporada de lluvia. Los resultados de este parámetro muestran una variación en mínimos, medios y máximos de cada año, manteniéndose las medias alrededor de los 6,5 y 7,5 mg/L. La variación espacial muestra que no existe una diferencia marcada en los puntos de monitoreo, manteniéndose los estadísticos en los mismos ordenes de magnitud.

2.2.5 Análisis de parámetros relevantes en la zona de estudio

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

2.2.5.1 Conductividad

En la Figura 17 se presenta la variación de la conductividad para las diferentes fuentes hídricas analizadas. La conductividad es una medida importante para determinar el grado de mineralización y el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos.

En la Tabla 15 se presentan los rangos definidos en la teoría para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro.

Tabla 15. Rangos asociados con concentraciones de conductividad en el agua superficial

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

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

Se evidencia en la siguiente figura que la conductividad en la cuenca y tramos analizados se encuentran en concentraciones de hasta 3800 μS/cm, con promedio de 454 μS/cm se trata de aguas con condiciones de alta mineralización.

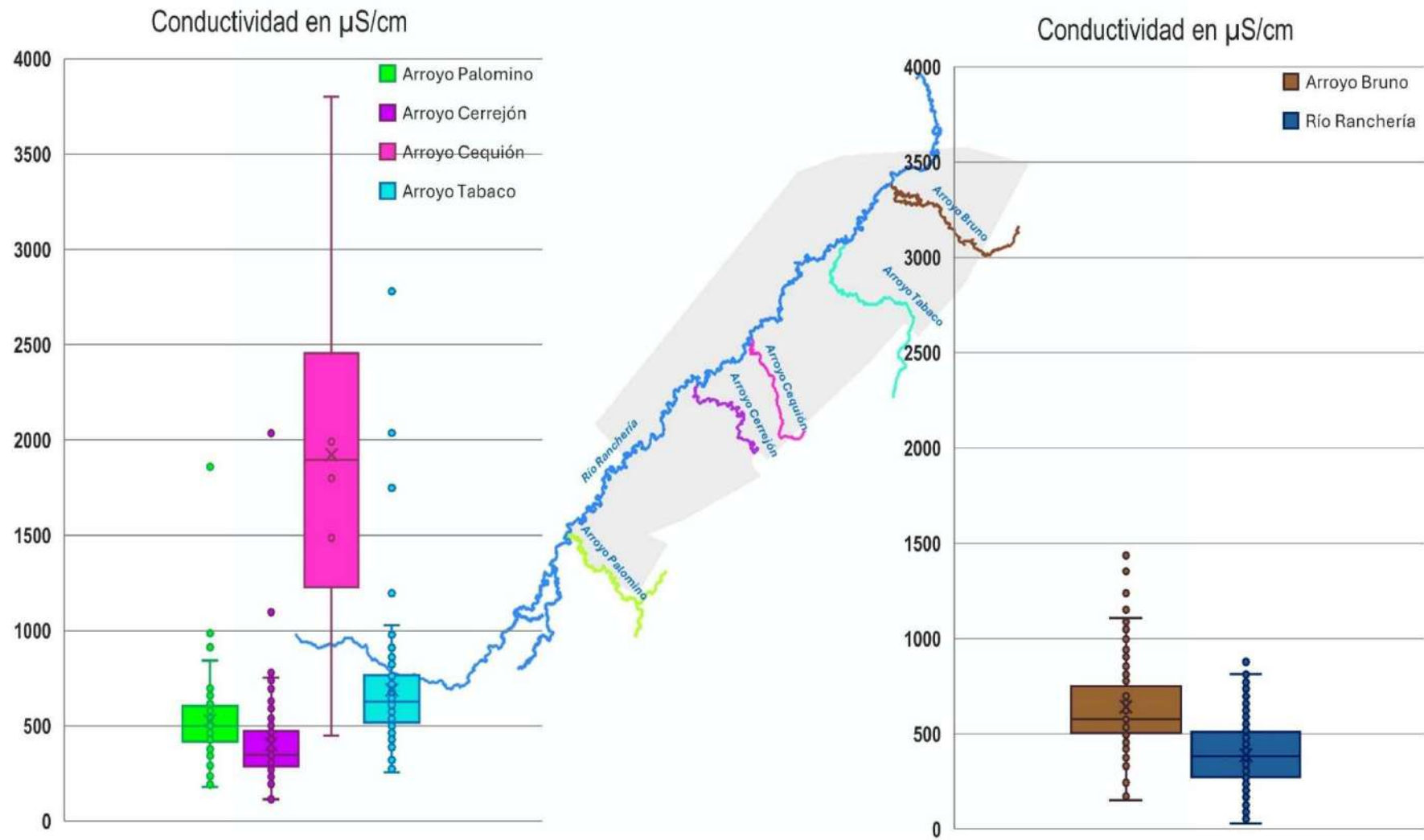


El valor más elevado de la conductividad se encuentra en el arroyo Tabaco, se identifican también valores elevados de la concentración en Arroyo Cequión sin embargo para esta fuente hay pocos datos.

Se evidencia en las figuras que la conductividad mantiene sus niveles promedio y máximos más altos en los afluentes que entregan más aguas arriba al río Ranchería. Las concentraciones más elevadas se presentan de manera general en los afluentes del río Ranchería.



Figura 17. Variación de la conductividad



Fuente: ANLA, 2025.





2.2.5.2 Sulfatos

En la Figura 18 se presenta la variación de los sulfatos para las diferentes fuentes hídricas. 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 16 se presentan los rangos definidos en la teoría para clasificar la concentración de calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 16. Rangos asociados con concentraciones de sulfatos en el agua superficial

Parámetros	Unidades	Nivel de influencia		
		Bajo	Medio	Alto
Sulfatos	mg/L	<50	50-100	>100

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

En general, se evidencia que la concentración de sulfatos en la cuenca y tramos analizados se encuentran en entre 0 o menor al límite de detección y 2704 mg/L, y promedio de 84,25 mg/L se trata de aguas con concentraciones altas y puede deberse a una condición natural del tipo de suelo o roca.

El valor más elevado de los sulfatos se encuentra en el río Ranchería, los datos del río corresponden a datos que presentan picos, que puede asociarse a eventos de precipitación en la zona y arrastre de sedimentos.

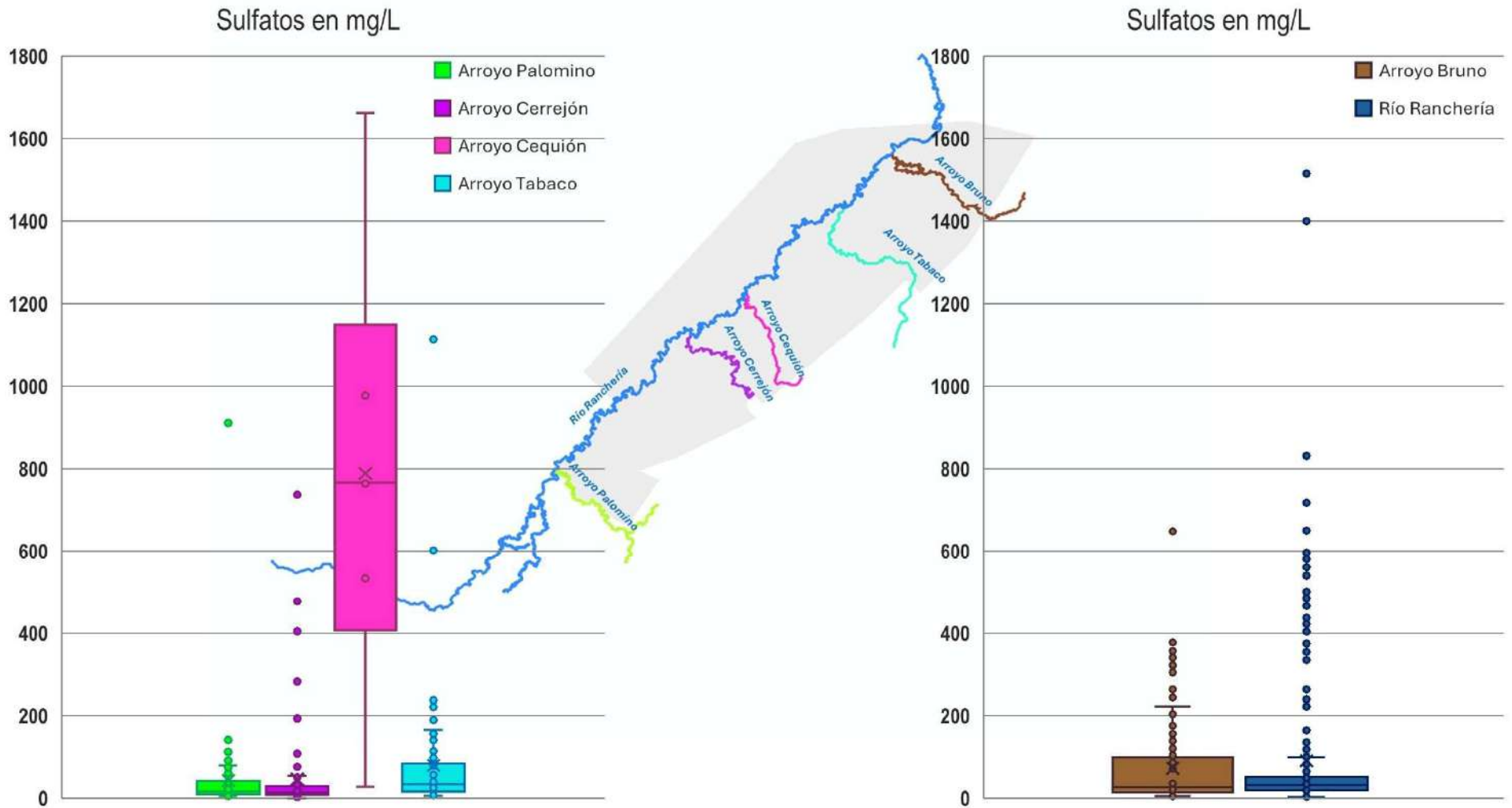
Se identifican también valores elevados de la concentración en Arroyo Cequión correspondiente con los datos de alta conductividad, sin embargo, para esta fuente hay pocos datos.

Se evidencia en la figura que los sulfatos mantienen sus niveles promedio en todos los afluentes. Las concentraciones más elevadas se presentan de manera general en los afluentes.





Figura 18. Variación de los sulfatos



Fuente: ANLA, 2025.





2.2.5.3 Sólidos Suspendidos Totales

En la Figura 19 se presenta la variación de los sólidos suspendidos totales o SST para las diferentes fuentes hídricas. Los SST son un parámetro ampliamente utilizado para determinar la calidad del agua. Es una medida importante para determinar el impacto potencial en los ecosistemas acuáticos.

En la

Tabla 17 se presentan los rangos definidos en la teoría para clasificar la calidad del agua asociada con este parámetro específicamente.

Tabla 17. 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 fuerte impacto de aguas con alta carga. Mala condición para los peces

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

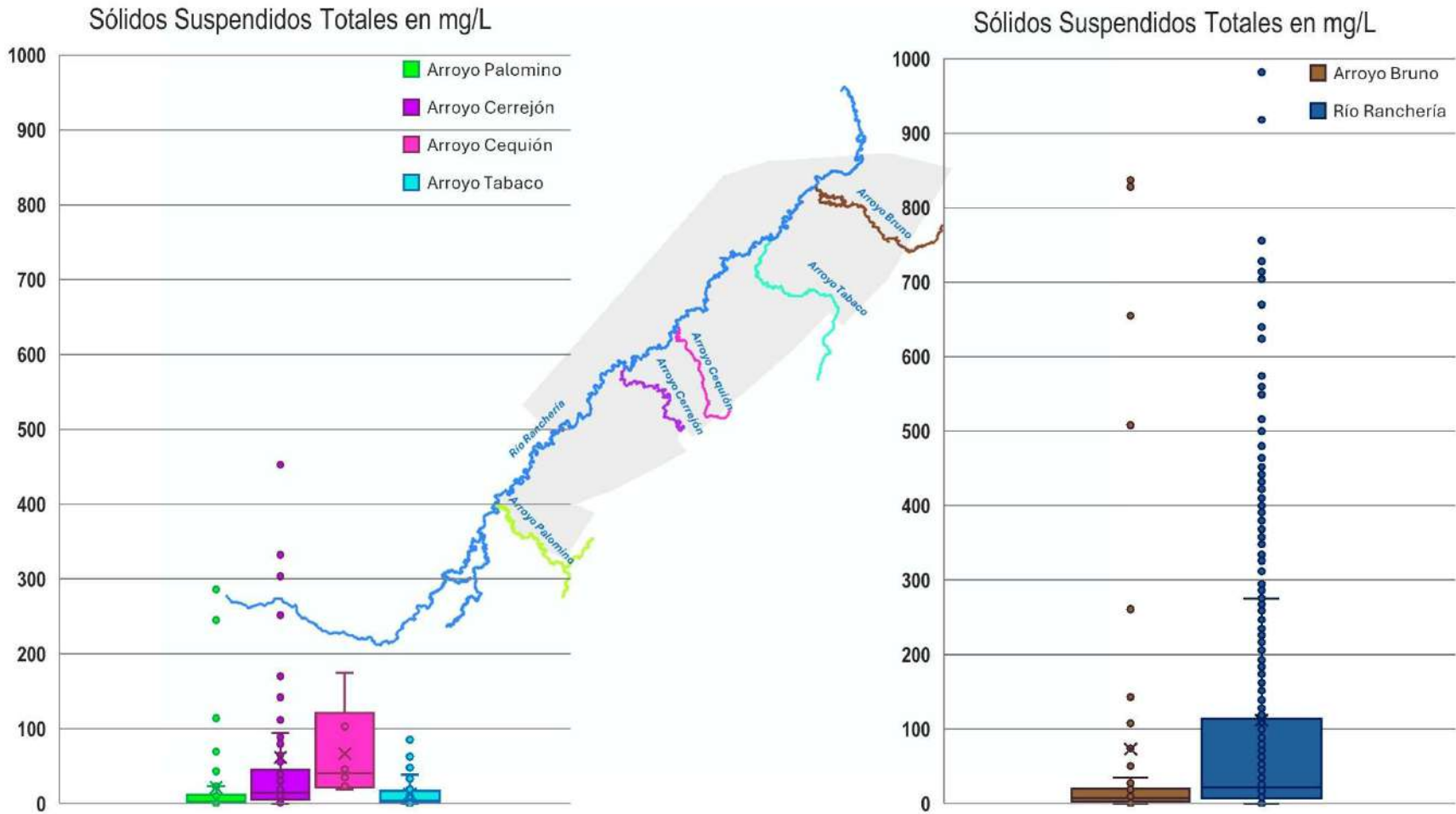
En general, se evidencia que la concentración de SST en la cuenca y tramos analizados se encuentran entre menor al límite de detección y 2132 mg/L, y promedio de 88,6 mg/L se trata de aguas con condiciones de calidad aceptables. Lo anterior, puede ser causado por descargas de agua residual con alto contenido de material suspendido, por fuentes difusas y arrastre de sedimentos en épocas de lluvias.

El valor más elevado de los SST se encuentra en el río Ranchería, los datos del río corresponden a datos que presentan picos, que puede asociarse a eventos de precipitación en la zona y arrastre de sedimentos. Para el río Ranchería se evidencia mayor contenido de SST debido a que es el afluente principal que recibe los demás afluentes y transporta el material disuelto.

Se evidencia en las figuras que los SST mantienen sus niveles promedio en todos los afluentes a excepción de cequión, no obstante, para este afluente se contó con menor cantidad de datos. Las concentraciones más bajas se presentan de manera general en los afluentes.



Figura 19. Variación de los sólidos suspendidos totales



Fuente: ANLA, 2025.

2.2.5.4 *Coliformes totales*

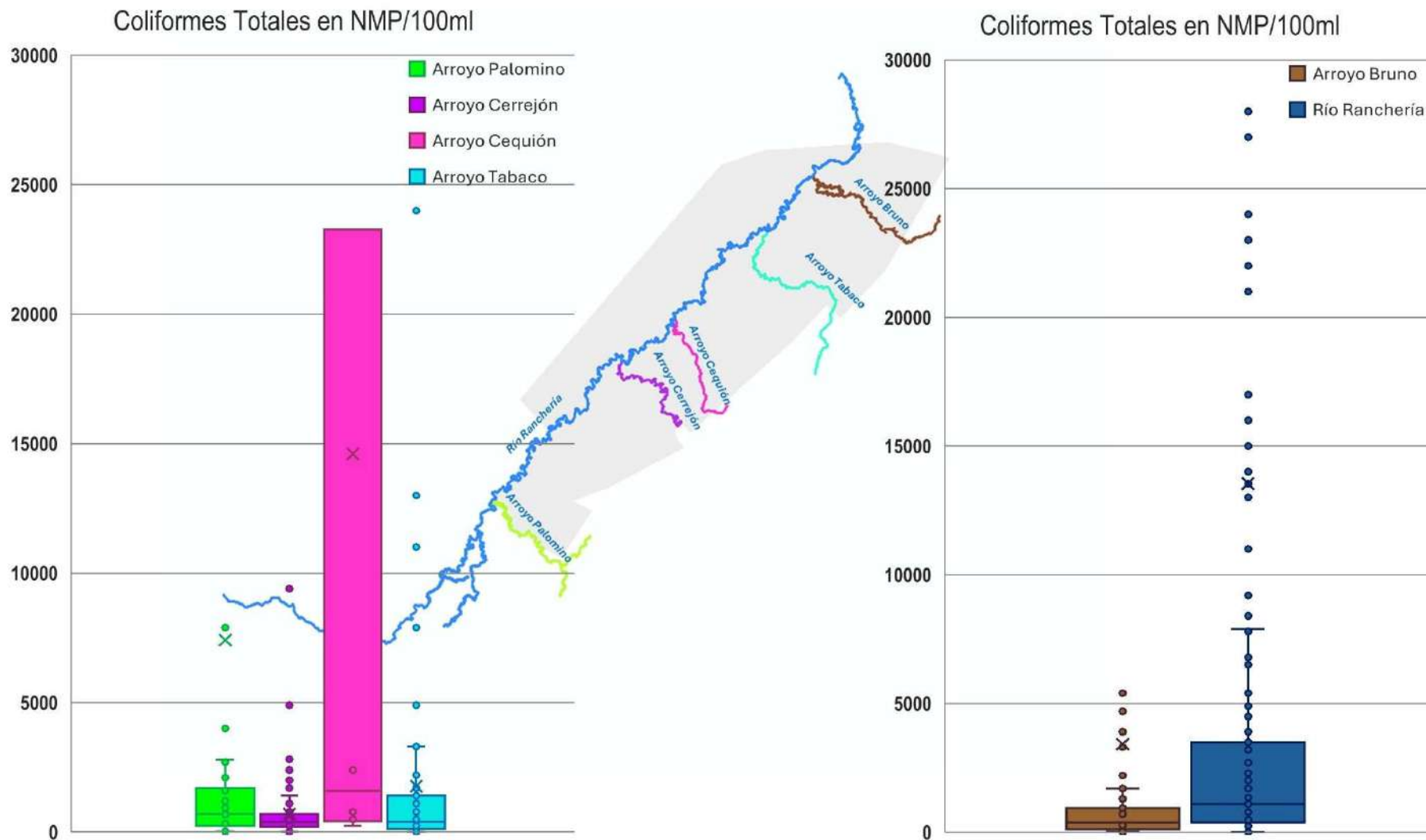
En la Figura 20 se presenta la variación de los coliformes totales para las diferentes fuentes hídricas. Los coliformes totales son bacterias que se pueden encontrar en el ambiente. Aunque su presencia no indica necesariamente la existencia de materia fecal.

En general, se evidencia que la concentración de los coliformes en la cuenca y tramos analizados se encuentran en concentraciones entre los 0 y 920000 NMP/100 ml, con promedio de 10241,77 NMP/100 ml, lo cual restringe su uso para potabilización. Es de resaltar que los vertimientos de los proyectos mineros en las corrientes hídricas analizadas se relacionan principalmente con los excedentes de aguas lluvia de las lagunas de sedimentación, en los cuales no se encuentran altas concentraciones de este parámetro, por lo que los registros en las fuentes hídricas pueden ser producto de otras actividades regionales.

Los valores más elevados de los CT se encuentran en El Río Ranchería y el Arroyo Bruno. Así mismo, las concentraciones más bajas se presentan en general en el Arroyo Cerrejón.



Figura 20. Variación de los coliformes totales



Fuente: ANLA, 2025.





2.2.6 Análisis resultados hidrobiológicos

El análisis del estado de la hidrobiota y su relación con la calidad del agua y la hidrología tuvo en cuenta los Conceptos Técnicos de seguimiento emitidos por la ANLA en 2024 y 2025, los cuales consolidan la información de los resultados de dos campañas de monitoreo hidrobiológico en el Valle del Cerrejón: M13 (noviembre–diciembre de 2023, correspondiente a un periodo de lluvias intensas) y M14 (febrero–marzo de 2024, asociado a la época seca).

Este análisis incluye la descripción de las condiciones fisicoquímicas del agua, así como la diversidad y abundancia del fitoplancton, zooplancton, perifiton, macroinvertebrados **bentónicos**, macrófitas e ictiofauna, integrando la comparación con los resultados de monitoreos anteriores realizados por Cerrejón. El enfoque busca establecer la relación entre las variaciones hidrológicas (seca–lluvias–transición) y la estructura de la biota acuática, identificando los factores de presión más relevantes y su incidencia sobre la integridad ecológica de la cuenca del río Ranchería.

- Estructura y dinámica del fitoplancton

El fitoplancton es el grupo biológico mejor documentado en el Concepto y la base estadística. En M14, la comunidad estuvo compuesta por 57 morfoespecies con una densidad total de 7 190,83 ind/L. Las diatomeas (Heterokontophyta) dominaron en riqueza y densidad (3 761,37 ind/L y 21 morfoespecies), seguidas por Euglenozoa (1 734,5 ind/L y 13 morfoespecies), *Charophyta* y *Cyanobacteria* presentaron menor abundancia (998,9 y 514,1 ind/L). Las morfoespecies más representativas fueron *Navicula sp.*, *Gyrosigma sp.*, *Gomphonema sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Surirella sp.*, *Cosmarium sp.*, *Euglena sp.*, *Phacus sp.* y *Lepocinclis sp.* Estas especies ocupan distintos nichos: las diatomeas indicadoras de aguas bien oxigenadas y moderadamente turbias (como lo es *Gomphonema*), las cianobacterias (*Oscillatoria*) asociadas a ambientes eutrofizados y estancados, y los euglenófitos (*Euglena*, *Phacus*) que prosperan en aguas con materia orgánica en descomposición.

Las variaciones espaciales del fitoplancton demuestran la influencia del hábitat. El Concepto señala que los puntos P11 y P12 del arroyo Cerrejón presentaron la mayor riqueza (28 y 23 morfoespecies), seguido por P4 (arroyo Tabaco), P20 (río Ranchería) y P25 (embalse El Muerto). En estos sitios se combinan sustratos mixtos, corriente moderada y hábitats lénticos que favorecen el establecimiento de las comunidades. Por el contrario, P6 y P17 presentaron la menor riqueza debido a la corriente rápida y la falta de refugios. En términos de densidad, el embalse El Muerto (P25) destacó con 771,49 ind/L por ser un cuerpo de agua léntico. En P1, P2, P11 y P12 se registraron densidades entre 497 y 625 ind/L asociadas a masas de agua estancadas con abundante material vegetal en descomposición. En el río Ranchería los mayores aportes de densidad se observaron en P15, P18 y P19, con valores de 462 557 ind/L.





Esta variación sugiere que la densidad del fitoplancton depende tanto de la estabilidad del agua como de la disponibilidad de nutrientes.

Históricamente, la densidad y la riqueza del fitoplancton han mostrado una tendencia decreciente. Según los datos de Cerrejón, el máximo valor de densidad en el periodo 2005-2020 se registró en M3 (2011) con 39 112 ind/L, mientras que M12 (2023) presentó solo 841 ind/L. La riqueza disminuyó de 54 71 morfoespecies en los primeros monitoreos a 36 47 en los más recientes. Este descenso se atribuye a procesos de eutrofización difusa, alteraciones hidrogeomorfológicas (dragado, desviación de cauces) y variaciones climáticas (fenómenos de El Niño y La Niña).

- Zooplancton, perifiton y macroinvertebrados bentónicos

El zooplancton mostró una diversidad media, con predominio de rotíferos y presencia menor de cladóceros y copépodos, especialmente durante el invierno. Su densidad y riqueza tendieron a disminuir en sitios con alta turbulencia y aumentar en sectores estancados.

El perifiton y los macroinvertebrados bentónicos presentaron una baja diversidad en promedio, asociada a la erosión, los sustratos pedregosos y las fuertes corrientes en muchos puntos. Los máximos valores se registraron en puntos con agua transparente, corriente moderada y cauce amplio (P3, P4, P15, P19, P20 y P23). Los artrópodos (insectos acuáticos) dominaron el bentos, mientras que los moluscos y oligoquetos fueron escasos. El carácter pedregoso del cauce y la erosión dificultan la colonización de organismos bentónicos.

- Macrófitas y peces

Las macrófitas acuáticas fueron el grupo menos diverso. Están restringidas a lugares de flujo lento o aguas estancadas, como lagunas laterales y remansos. Su escasez se debe a la inestabilidad del cauce, la erosión y la variación del nivel del agua.

La ictiofauna se mantuvo relativamente constante en composición: los peces del orden Characiformes fueron los más ricos y abundantes, seguidos por Siluriformes (bagres) y Perciformes (mojarra). En la época seca (M14) se destacó la presencia de *Pseudoplatystoma reticulatum* y *Cathorops magdalenae*, especies tolerantes a aguas cálidas y con menor oxigenación, desplazando a *Hoplias malabaricus* y *Aequidens fasciatus* que dominaban la transición de finales de 2023. La ictiofauna es sensible a la disponibilidad de hábitat acuático; la reducción del caudal y la fragmentación de los cursos en época seca puede favorecer especies oportunistas.

- Análisis de correlación de la hidrobiota con la calidad del agua

Para evaluar la relación entre la calidad del agua y la hidrobiota se calcularon coeficientes de Spearman entre variables fisicoquímicas y la abundancia de las diez especies más frecuentes de la matriz combinada.





Correlaciones principales

- ✓ Oxígeno disuelto (OD) – La correlación fue negativa moderada con la densidad y abundancia relativa de las especies. Esto indica que, en los puntos donde el OD es más bajo (hipoxia moderada), se registran mayores densidades de fitoplancton y macroinvertebrados, particularmente de cianobacterias (*Oscillatoria sp.*) y diatomeas oportunistas (*Gyrosigma sp.*). Durante el estiaje el aumento de la temperatura reduce la solubilidad del oxígeno, lo que favorece la proliferación de especies tolerantes.
- ✓ DBO y DQO – Se observaron correlaciones positivas con la densidad y la abundancia relativa. Esto sugiere que la carga orgánica impulsa el crecimiento de especies oportunistas. *Oscillatoria sp.* y *Gyrosigma sp.* mostraron coeficientes altos con DBO, DQO y SST, confirmando su afinidad por ambientes eutrofizados. En contraste, géneros como *Cymbella sp.* y *Gomphonema sp.* tuvieron correlaciones bajas o negativas, lo que confirma su preferencia por aguas limpias.
- ✓ Sólidos suspendidos totales (SST) y fosfatos – También mostraron correlaciones positivas con la abundancia relativa. Los sitios con alta turbidez y nutrientes, como los remansos del arroyo Tabaco y el embalse El Muerto, registraron altas densidades de plancton.
- ✓ pH y nitratos – Exhibieron correlaciones débiles o cercanas a cero. Aunque un pH ligeramente alcalino favorece ciertas diatomeas, la variabilidad espacial de pH y nitratos en el conjunto de datos no tuvo un efecto significativo en la abundancia relativa.

En cuanto a las especies:

- ✓ *Oscillatoria sp.* y *Gyrosigma sp.* mostraron las correlaciones más altas con DBO, DQO y SST. Su abundancia aumenta en ambientes con carga orgánica y turbidez elevada, tal y como se registró en P18 durante M13 y en los puntos estancados de M14
 - ✓ *Nitzschia sp.*, *Navicula sp.* y *Surirella sp.* presentaron correlaciones moderadas con pH y SST. Son diatomeas tolerantes que prosperan en condiciones intermedias.
 - ✓ *Gomphonema sp.* y *Cymbella sp.* presentaron correlaciones bajas o negativas con DQO y nitritos, indicando sensibilidad a la carga orgánica. Su abundancia aumenta en sitios bien oxigenados con baja turbidez.
 - ✓ *Diffugia sp.* (ameba testácea) se asoció a altas concentraciones de sólidos y pH ligeramente alcalino, pero los datos fueron limitados.
 - ✓ Las correlaciones con metales no fueron significativas debido a la escasez de datos concurrentes y a valores muy bajos o por debajo del límite de detección
- Relación con los periodos hidrológicos

Los resultados indican que la dinámica hidrológica modula significativamente la relación entre la calidad del agua y la hidrobiota.



✓ Época de lluvias (invierno)

En M13, el aumento del caudal provoca arrastre de sedimentos y mayor turbidez, lo que reduce la transparencia y la estabilidad del fitoplancton. La densidad promedio de fitoplancton se mantuvo baja (216 ind/L), aunque se observaron picos de *Oscillatoria sp.* y *Gyrosigma sp.* en remansos del río Ranchería. La mayor turbidez y carga de sólidos suspendidos favorece a estos géneros y limita la proliferación de diatomeas sensibles. A pesar de la turbidez, el oxígeno disuelto se mantiene alto por la reaeración, y los nutrientes se diluyen. La ictiofauna se beneficia de la disponibilidad de hábitat y de la conectividad entre brazos y arroyos; las especies fluviales migratorias pueden acceder a nuevos sectores.

✓ Período de estiaje (época seca)

Durante M14, la reducción del caudal concentra las sales disueltas (conductividad) y los nutrientes. El agua se vuelve clara y poco turbia, lo que favorece la fotosíntesis; sin embargo, la temperatura aumenta (promedio 29,9°C) y se reduce la solubilidad del oxígeno. Estas condiciones permiten que ciertas diatomeas y euglenozoos proliferen en densidades altas (*Navicula*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*), mientras que las cianobacterias se concentran en cuerpos lénticos y zonas estancadas. Los puntos donde la masa de agua se detuvo (P1, P2, P11, P12) mostraron rasgos de eutrofia, con abundancia de *Oscillatoria* y *Gyrosigma* y bajos valores de macroinvertebrados. La ictiofauna se adapta reduciendo su distribución; especies tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno, como *Pseudoplatystoma reticulatum*, incrementan su biomasa.

3 Modelación de calidad de agua

La modelación de la calidad del agua para la cuenca del río Ranchería en la Fase IV (año 2025) tuvo como objetivo evaluar el estado actual del sistema y determinar la influencia del proyecto LAM1094 sobre el cuerpo de agua, considerando la dinámica de aportes provenientes de vertimientos y tributarios. En esta fase se evaluó el comportamiento de parámetros clave de calidad bajo condiciones climáticas representativas de temporada seca y de alta precipitación, manteniendo en todos los casos la presencia de los vertimientos existentes. Esto permite estimar la capacidad de asimilación del río y prever posibles afectaciones bajo distintos escenarios hidrológicos, incluyendo variaciones futuras por cambio climático.

El modelo de calidad de agua se desarrolló en HEC-RAS versión 6.2, seleccionado para garantizar compatibilidad con un código de automatización previsto en etapas posteriores. La información de entrada provino principalmente de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA-19) del año 2024, complementada con datos oficiales del Plan de Ordenación



y Manejo de la Cuenca (POMCA) y registros de monitoreo y caracterización de vertimientos del proyecto. A continuación, se describen los insumos, la configuración del modelo y los escenarios evaluados, seguidos de los resultados obtenidos para los parámetros de calidad más relevantes.

3.1 Insumos y configuración del modelo

Información climatológica: Se utilizaron datos de la estación climatológica principal *La Mina Cerrejón - AUT [15065501]*, ubicada en el municipio de Albania (11.14° N, 72.62° O, 80 m.s.n.m.), a ~600 m del tramo de estudio. Esta información permitió incorporar las interacciones entre la columna de agua y la atmósfera. Los datos empleados fueron promedios del año analizado y comprendieron:

- **Temperatura del aire:** valores mensuales promedio.
- **Velocidad del viento:** valores mensuales promedio.
- **Nubosidad:** calculada internamente por el modelo a partir de datos climáticos.
- **Brillo solar:** valores mensuales promedio.
- **Humedad relativa:** valores mensuales promedio.

Geometría del río: La representación hidráulica del cauce se actualizó con un modelo digital de elevación (DEM) ALOS PALSAR de 12,5 m de resolución espacial. Antes de generar las curvas de nivel, el DEM se suavizó con un filtro focal de media para mejorar la continuidad del relieve y reducir artefactos de pixelado. El tramo modelado se amplió a 198 km, desde el municipio de Fonseca hasta aguas abajo del casco urbano de Albania. El seccionamiento del cauce se definió con intervalos promedio de 1.000 m, incorporando secciones transversales adicionales en puntos estratégicos (confluencias de tributarios, descargas de vertimientos y zonas con variaciones morfológicas relevantes). Para simplificar la estructura sin perder representatividad, los tributarios menores se representaron como entradas laterales con caudales y calidades específicas según datos de monitoreo. Se ajustó el ancho de las secciones transversales a 50 m (con refinamiento local en tramos estrechos o de mayor complejidad geométrica) para optimizar la estabilidad numérica.

Información hidráulica: Con base en los caudales generados por la modelación hidrológica de 2023 y en los registros medidos por el IDEAM en la estación *San Francisco [15067170]*, se construyó un modelo hidráulico en HEC-RAS 6.2 que incluye los aportes laterales de todos los tributarios y los vertimientos puntuales identificados. La configuración hidráulica consideró coeficientes de rugosidad de Manning ajustados al tipo de sección y morfología local. El cálculo del flujo se realizó bajo la condición de profundidad crítica, empleando el método parabólico para mejorar la convergencia computacional en tramos con régimen de flujo variado.





Para representar las condiciones hidrológicas del sistema, se incorporaron como entradas los caudales medios mensuales medidos para distintos meses característicos del régimen hidrológico: marzo (temporada seca), mayo (temporada húmeda) y octubre (temporada de transición). Estos caudales medios se asignaron tanto al cauce principal como a cada tributario y vertimiento, manteniendo la correspondencia con la ubicación geográfica de cada punto de descarga o confluencia. De esta manera, el modelo captura la variabilidad estacional del caudal disponible, factor determinante en la dilución de contaminantes y en la ocurrencia de vertimientos (particularmente aquellos asociados a lluvias intensas que provocan reboses en lagunas de sedimentación).

Información de calidad de agua: Como insumo principal para la calidad se utilizó la Fase IV de la Estrategia de Monitoreo Regional 2023 en la cuenca del río Ranchería. En dicho monitoreo se identificaron aproximadamente 15 parámetros clave, entre ellos: Conductividad, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Ortofosfatos, Fósforo Total, Oxígeno Disuelto (OD), Alcalinidad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Temperatura. Muchos de estos parámetros sobrepasaron en varios puntos los objetivos de calidad establecidos para el río, y mostraron comportamientos espaciotemporales variables que ameritan un análisis detallado para la toma de decisiones.

Los datos de calidad provinieron del ICA-19 (2024), suministrados para el desarrollo del modelo. Esta información fue depurada y ajustada conforme a las condiciones de simulación. En particular, para parámetros con concentraciones reportadas por debajo del límite de cuantificación (por ejemplo, algunos metales como plomo o cobre), se adoptó el valor de dicho límite como dato de entrada, asumiendo la condición más crítica posible (peor escenario) y evitando subestimar la carga contaminante.

Vertimientos y tributarios: Se incorporaron los nueve vertimientos identificados en la actualización del modelo —LAGESTA, LAGESTE, LAGSUR, LAGPOTRER, LAG831N, LAG831S, LAGCOMUN, LAGTABACO y LAGPALMARI—, así como los aportes de los tributarios *Tabaco*, *Cequión*, *Cerrejón*, *Palomino*, *Bruno*, *Paladines*, *Caurina* y *La Quebrada*. Para cada vertimiento se consideró su ubicación georreferenciada, caudal, frecuencia de descarga, composición fisicoquímica y descripción general. Adicionalmente, se incluyeron los vertimientos provenientes de las cabeceras municipales y corregimientos de Fonseca, Barrancas, Albania, Hatonuevo y Papayal, todos con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas (PTAR). En la modelación se asumió que estos sistemas cumplen con los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 0631 de 2015 para descargas domésticas, dado que se trata de vertimientos de aguas residuales municipales ya tratados.

El caudal de descarga de cada cabecera municipal se estimó siguiendo la metodología de la Resolución 330 de 2017, utilizando como insumos: (1) proyecciones de población del DANE (2018–2024) para cada localidad, (2) dotación de agua de 150 L/hab·día (según RAS para clima cálido), y (3) un factor de retorno del 80% acorde con lineamientos para alcantarillado





en zonas urbanas. Con estos parámetros, se calculó el caudal promedio diario vertido por cada cabecera, incorporándolo como aporte lateral en el modelo. En cuanto a la calidad de estos vertimientos domésticos, se consideraron los parámetros monitoreados en las salidas de las PTAR, complementados con información de campañas de seguimiento disponibles. Cuando no existían datos para algún parámetro específico, se recurrió a valores de referencia normativos, priorizando siempre el escenario más crítico (por ejemplo, usar concentraciones cercanas a los límites máximos permisibles) para evaluar la capacidad de asimilación del río bajo una carga contaminante elevada.

Calibración y validación: El modelo fue calibrado y validado comparando los resultados simulados con los datos observados en campo. Se llevaron a cabo ajustes en coeficientes de reacción de algunos parámetros para optimizar la representación de procesos de transporte, decaimiento y transformación de los constituyentes dentro del sistema. Estos ajustes mejoraron la correspondencia entre los resultados simulados y los datos medidos, alcanzando métricas de desempeño acordes con valores de referencia comúnmente aceptados para este tipo de modelaciones (por ejemplo, índices de error porcentual medio por debajo de 20%, coeficientes de correlación mayores a 0.8, entre otros criterios específicos por parámetro).

Alcance del modelo conceptual: El modelo abarca ~198 km del cauce principal, desde el municipio de Fonseca hasta la desembocadura en el mar Caribe. Se definieron 19 estaciones de control, que incluyen puntos de monitoreo de agua superficial y localizaciones representativas de vertimientos, los cuales se emplearon como condiciones de frontera (aguas arriba y aguas abajo) y puntos de observación para la calibración y evaluación de la calidad. En la Figura siguiente se ilustra el esquema conceptual del modelo, incluyendo los tramos del río, tributarios incorporados y puntos de aporte de vertimientos.

Escenarios de modelación: Las actividades operativas del expediente LAM1094 no generan vertimientos continuos de aguas mineras; estos ocurren principalmente durante eventos de alta pluviosidad cuando se supera la cota de rebose de las lagunas de sedimentación. Por este motivo, la variabilidad estacional es un factor determinante para el análisis de la calidad del agua. Se definieron cuatro escenarios de simulación para evaluar la respuesta del río bajo distintas condiciones hidrológicas y de caudal, considerando en todos los casos las concentraciones de calidad de agua medidas en 2024 (misma carga contaminante) y la presencia simultánea de los vertimientos existentes. Los escenarios son los siguientes:

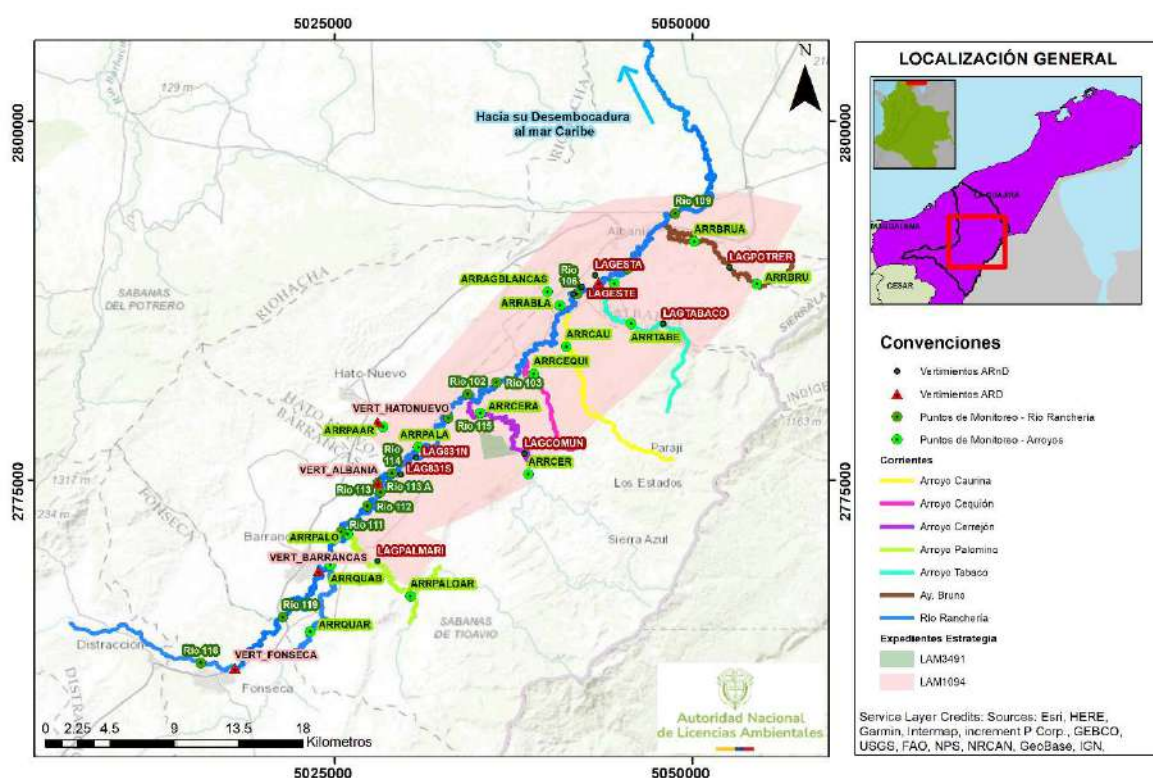
1. **ESC 1:** Caudal medio mensual del río representativo de la temporada húmeda (mes de mayo).
2. **ESC 2:** Caudal medio mensual del río representativo de la temporada seca (mes de marzo).
3. **ESC 3:** Igual caudal medio del escenario seco (marzo), pero con una reducción del 10% en el caudal disponible (efecto hipotético de cambio climático).



- ESC 4: Igual caudal medio del escenario seco (marzo), con una reducción del 20% en el caudal (escenario más crítico de cambio climático).

Todos los escenarios consideran la presencia simultánea de todos los vertimientos identificados. Esto permite evaluar la capacidad de asimilación del sistema bajo condiciones de mayor exigencia (baja disponibilidad hídrica, alta carga contaminante) e incluir la influencia potencial de condiciones futuras asociadas al cambio climático. En síntesis, el orden de severidad esperada (calidad más comprometida) es: ESC 4 > ESC 3 > ESC 2 > ESC 1, es decir, el escenario de menor caudal (seca con -20%) presenta las concentraciones más altas, mientras que el escenario de mayor caudal (húmedo) tiende a las concentraciones más bajas por efecto de la dilución.

Figura 21. Modelo conceptual



Fuente: ANLA, 2025.

3.2 Resultados y evaluación de escenarios de calidad del agua

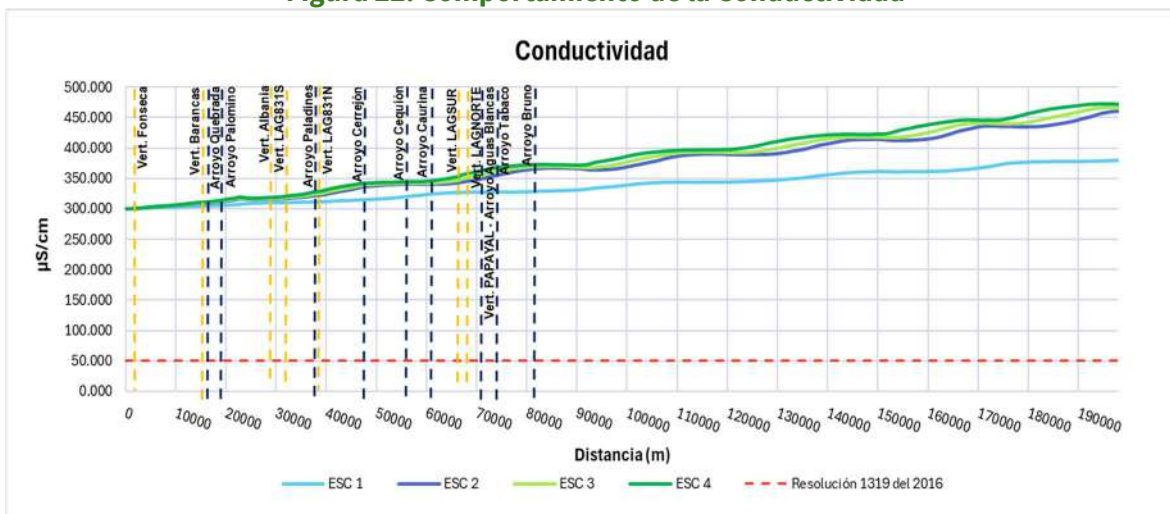
A continuación, se presentan los resultados de la modelación de la calidad del agua para cada uno de los escenarios definidos. La evaluación se realiza en términos comparativos, considerando los objetivos de calidad establecidos por CORPOGUAJIRA en la Resolución

1319 de 2016 para el río Ranchería. Dicho marco normativo define, para el cauce principal del río (desde el punto T3, descarga de la laguna de oxidación de Barrancas, hasta el punto T7, desembocadura al mar Caribe), un uso del agua priorizado a mediano plazo de tipo agrícola, pecuario o de asimilación de contaminantes. En el caso de los metales (cobre y plomo), el análisis se efectúa de acuerdo con los criterios del Decreto 1076 de 2015 Art. 2.2.3.3.9.5 (Transitorio), que establece estándares de calidad para uso agrícola.

A efectos de interpretación, los gráficos de resultados muestran el perfil longitudinal de concentraciones a lo largo del río para los distintos escenarios. Cada figura corresponde al comportamiento de un parámetro en los cuatro escenarios definidos.

Conductividad eléctrica: En todos los escenarios simulados, la conductividad eléctrica presentó valores muy superiores al objetivo de calidad de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ establecido por la Resolución 1319 de 2016 para uso agrícola. Desde el inicio del tramo modelado, las concentraciones de sales disueltas (reflejadas en la conductividad) se sitúan alrededor de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando una condición base ya elevada. A lo largo del río se observa una tendencia ascendente: las concentraciones aumentan progresivamente hacia aguas abajo, superando en algunos casos los 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la desembocadura. El comportamiento general muestra que las variaciones de caudal influyen en la magnitud final de la conductividad. Bajo condiciones de mayor disponibilidad hídrica (escenario húmedo, ESC 1), aunque las concentraciones iniciales son similares, el efecto dilución modera ligeramente el incremento aguas abajo; no obstante, incluso en este escenario más favorable se alcanzan ~400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la zona baja. Por el contrario, las reducciones de caudal asociadas a cambio climático (ESC 3 y 4) concentran aún más las sales disueltas, incrementando las concentraciones finales (llegando a superar 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en ESC 4). En todos los casos, la tendencia es claramente ascendente a lo largo del cauce, sin descensos significativos en tramos intermedios. Estos resultados confirman que, independientemente del régimen hidrológico o de los ajustes por cambio climático, la conductividad se mantiene muy por encima del límite normativo (≥ 6 veces el objetivo de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Esto indica una carga salina elevada y persistente en el sistema, con un efecto acumulativo hacia aguas abajo que compromete la posibilidad de uso agrícola del recurso.

Figura 22. Comportamiento de la Conductividad



Fuente: ANLA, 2025.

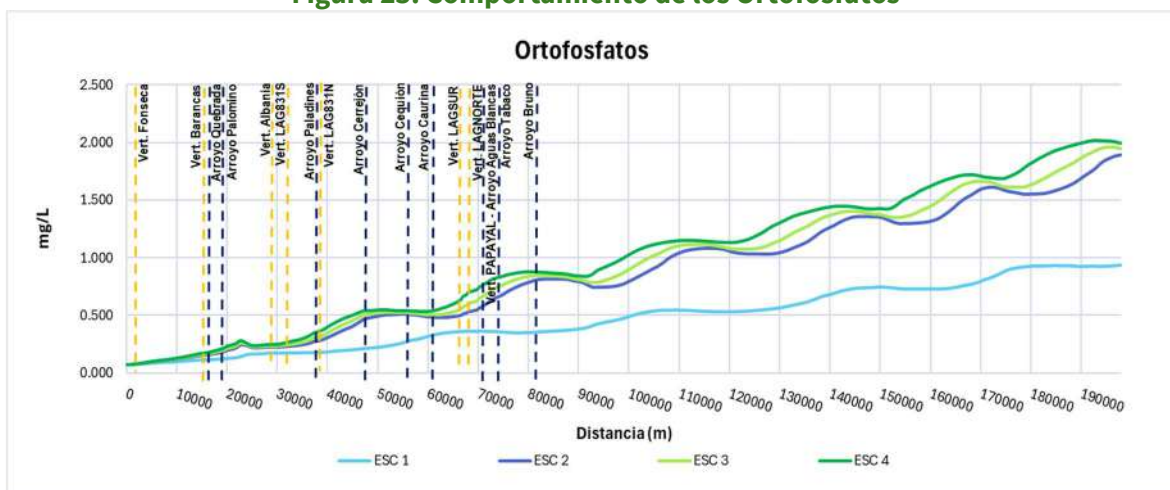
Metales (Cobre, Níquel y Plomo): Las concentraciones de Cu, Ni y Pb se mantuvieron prácticamente constantes a lo largo de todo el tramo en los cuatro escenarios, con valores del orden de 0,03 mg/L para el cobre, 0,10 mg/L para el níquel y 0,001 mg/L para el plomo. No se observaron gradientes espaciales relevantes ni variaciones significativas entre escenarios – lo cual resulta previsible dado que la principal fuente de estos metales son aportes difusos o de fondo natural, y sus concentraciones iniciales ya son bajas. En términos de cumplimiento normativo, el cobre se encontró muy por debajo del objetivo de calidad adoptado (0,20 mg/L según Decreto 1076/2015 para uso agrícola, es decir ~15% de dicho límite), y el plomo igualmente cumple holgadamente con su límite permisible de 5 mg/L para riego agrícola. El níquel, si bien no tiene un estándar explícito en esa normativa para el uso considerado, se mantuvo en valores bajos similares en todos los casos. En consecuencia, se cumple la meta de calidad para estos metales en todos los escenarios. Dado que las concentraciones están cercanas al umbral de reporte analítico típico (especialmente para Pb), y considerando que en esta Fase IV se optó por usar el límite de cuantificación cuando aplicaba, conviene mantener un seguimiento analítico en futuros monitoreos para confirmar la estabilidad de estos niveles, particularmente ante eventuales eventos de mayor carga o cambios operativos aguas arriba.

Fósforo (ortofosfatos y total): Los ortofosfatos (P reactivo) exhiben una tendencia marcadamente ascendente a lo largo del cauce en todos los escenarios. Comienzan cerca de 0,07 mg/L en la cabecera y, conforme se suman aportes laterales (vertimientos domésticos, lagunas de estabilización) y difusos (escorrentía agrícola, ganadera), la concentración aumenta de forma sostenida. En el tramo medio-bajo se alcanzan valores en torno a 0,9–1,0 mg/L en las condiciones actuales de caudal (escenarios 1 y 2) y aún mayores (entre ~1,5 y 2,0 mg/L) en los escenarios de caudal reducido (ESC 3 y 4). Es decir, en la temporada húmeda el enriquecimiento en ortofosfatos existe, pero es más moderado, mientras que en escenarios de menor caudal la concentración se potencia, presentándose



los picos más altos. Este patrón sugiere que predominan fuentes de fósforo puntuales (descargas de aguas residuales domésticas, reboses de lagunas de estabilización) y difusas (arrastre de suelos fertilizados, excretas de ganado), sumadas a posibles liberaciones desde sedimentos en tramos de baja energía. En términos espaciales, se identifican segmentos críticos en la cuenca media: por ejemplo, las confluencias de los arroyos Palomino y Cerrejón, junto con las lagunas Este y Sur, actúan como puntos de inflexión donde la curva de concentración de ortofosfatos se empuja notoriamente. A partir de allí, el fósforo reactivo domina la señal de nutrientes, indicando que gran parte del fósforo orgánico particulado que llega comienza a mineralizarse.

Figura 23. Comportamiento de los Ortofosfatos



Fuente: ANLA, 2025.

Oxígeno Disuelto: El oxígeno disuelto presenta un descenso espacial sostenido a lo largo del tramo modelado en todos los escenarios. Los valores máximos se observan en la cabecera (~7,4–7,5 mg/L, cercanos a la saturación) y disminuyen gradualmente hacia aguas abajo hasta alcanzar mínimos locales en torno a 5,9 mg/L en el extremo inferior del río (desembocadura). En un vistazo general, los promedios de OD por escenario se ubican entre ~5,9 y 6,7 mg/L. La variabilidad entre escenarios es moderada y se atribuye a los pulsos de caudal y a los aportes laterales de materia orgánica y nutrientes en distintos escenarios. La pérdida de oxígeno hacia aguas abajo responde principalmente a: (i) incremento de cargas orgánicas biodegradables y nutrientes provenientes de descargas puntuales (PTAR municipales y lagunas de estabilización) y de aportes difusos (actividades agropecuarias y asentamientos) que consumen oxígeno en sus procesos de degradación; (ii) oxidación de compuestos nitrogenados reducidos (amonio → nitrificación a nitrato), proceso que demanda oxígeno; y (iii) condiciones hidráulicas menos favorables en tramos bajos: menores pendientes y velocidades que reducen la turbulencia y, por tanto, la tasa de reaireación, sumado a temperaturas del agua más altas en la zona baja que disminuyen la solubilidad del oxígeno. Todos estos factores generan un gradiente neto de OD de la





cabecera a la desembocadura. Se observan pequeñas recuperaciones locales del OD en algunos puntos, asociadas a la mezcla con tributarios más oxigenados o a tramos con mayor turbulencia que facilitan la reaireación, pero la tendencia general es descendente.

El comportamiento estacional del OD es consistente con la hidrología del sistema: en temporada húmeda (ESC 1) se registra un aumento del OD de aproximadamente 10–13% respecto a la temporada seca, gracias a los caudales más altos (que aportan mayor turbulencia y dilución) y a temperaturas ligeramente más bajas (que elevan la capacidad de saturación de oxígeno en el agua). Por el contrario, en estiaje (seca) la menor dilución y las tasas de consumo más altas (favorecidas por temperaturas mayores) intensifican la caída de oxígeno, acentuando los mínimos aguas abajo. Aun bajo estas presiones, es importante resaltar que el oxígeno disuelto se mantiene por encima del objetivo de calidad (≥ 4 mg/L) en todos los escenarios y a lo largo de todo el tramo. No se evidencian condiciones de anoxia o hipoxia severa en las simulaciones, lo cual indica que el río aún tiene capacidad de autodepuración suficiente para evitar déficits extremos de oxígeno en las condiciones evaluadas. Sin embargo, los valores más bajos ($\sim 5,9$ mg/L) se presentan durante el estiaje en zonas de influencia directa de vertimientos, lo que refleja una vulnerabilidad mayor en época seca y sugiere la necesidad de seguir controlando las cargas orgánicas y de nutrientes que ingresan, para mantener un margen de seguridad respecto al umbral de 4 mg/L.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): Los SST exhiben un comportamiento marcadamente ascendente a lo largo del tramo, con picos muy pronunciados asociados a aportes de tributarios y descargas desde las lagunas de sedimentación. En los primeros 30 km del tramo modelado se observa un incremento inicial, pero son especialmente notables los ascensos alrededor de los 48 km y 68 km río abajo desde el origen: estas zonas corresponden a la confluencia de tributarios críticos (por ejemplo, arroyos Tabaco y Bruno) y a las descargas de las lagunas de sedimentación Este y Sur. En esas zonas se registran las concentraciones máximas simuladas de SST en el sistema, que en el escenario más seco y crítico (ESC 4) llegan a superar 3.000 mg/L (valores del orden de varios miles de mg/L). Esto indica que, durante condiciones de bajo caudal, incluso descargas relativamente moderadas de sedimentos pueden generar concentraciones extremadamente altas localmente, debido a la escasa capacidad de dilución del río en esos momentos. Tras estos picos, las concentraciones descienden de manera sostenida hacia aguas abajo, producto de la sedimentación (depositación de los sólidos en el lecho a medida que disminuye la pendiente y velocidad) y de la dilución con aguas más limpias de tributarios inferiores. Así, más allá de aproximadamente 150 km río abajo (cerca de la confluencia con el río Caurina y los tramos finales antes de la desembocadura), la concentración de SST cae por debajo de 20 mg/L en todos los escenarios.

Es importante recalcar que el tramo analizado recibe no solo las cargas de sólidos de fuentes puntuales identificadas, sino también una carga difusa continua resultante de la erosión de las márgenes, el lecho y los taludes del río, así como la resuspensión de sedimentos previamente depositados. Este aporte difuso actúa como un "vertimiento" distribuido a lo





largo de todo el cauce, intensificándose durante eventos de mayor velocidad (crecidas) que erosionan y remueven material del fondo y orillas. En la parte baja del río (últimos ~30 km), existe cierta incertidumbre en los resultados debido a la falta de monitoreo específico de sedimentos: no se cuenta con información local para confirmar si el patrón de picos y descensos se repite con la misma intensidad cerca de la desembocadura. Por ello, los resultados en ese extremo deben interpretarse con precaución hasta disponer de más datos de campo.

En todos los escenarios simulados, las concentraciones de SST superan ampliamente el límite de 20 mg/L establecido por la Resolución 1319 de 2016 para uso agrícola en buena parte del tramo medio. Solo en el tramo bajo (aguas abajo de la confluencia con los últimos tributarios) los SST caen a niveles menores a 20 mg/L, gracias a los procesos de sedimentación mencionados y al menor aporte de nuevas cargas en esa sección.

Balance de masa: Para complementar el análisis de la calidad del agua, se realizó un balance de masa de los principales parámetros contaminantes, considerando los caudales medios mensuales y las concentraciones simuladas en cada escenario. Este balance permite cuantificar las cargas de contaminantes que ingresan al tramo modelado (tanto desde aguas arriba como desde tributarios y vertimientos), las que salen del tramo en la desembocadura, y la fracción que es removida o retenida en el sistema (por procesos como sedimentación, decaimiento biológico, transformación química, etc.).

Tabla 18. Balance de masa de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) por escenario (cargas en ton/mes)

	Esc 1	Esc 2	Esc 3	Esc 4
Carga desde aguas arriba	51.8	25.9	23.3	20.7
Carga aportada por tributos/vert.	44.9	37.0	41.9	41.5
Carga total a la desembocadura	72.6	44.1	44.3	40.4
Remoción/retención neta en el tramo	24.2	18.9	20.9	21.8

Fuente: ANLA, 2025.

El balance de DBO₅ cuantifica la asimilación de materia orgánica que tiene lugar en el río. A diferencia de los solutos conservativos, aquí sí se observa una remoción neta importante en todos los escenarios, atribuible a la degradación biológica de la materia orgánica por microorganismos, que consume oxígeno (como se refleja en la disminución de OD). En porcentajes, el tramo elimina aproximadamente un 25–35% de la carga total de DBO₅ que ingresa. Por ejemplo, en escenario seco (ESC 2) ingresan ~25,9 ton/mes de DBO desde aguas arriba y se añaden ~37,0 ton/mes por vertimientos y tributarios (principalmente descargas domésticas que aún contienen materia orgánica biodegradable, aunque tratada). Esto suma ~62,9 ton/mes, de las cuales ~18,9 ton (30%) son consumidas dentro del río y ~44,1 ton/mes salen efectivamente en la desembocadura. En escenarios más extremos (ESC 4), aunque la carga total aportada es similar (~62,2 ton/mes), la menor velocidad y mayor temperatura podrían permitir una fracción de remoción ligeramente mayor (~35%, 21,8 ton), resultando



en ~40,4 ton/mes saliendo. Es interesante notar que, pese a que la concentración de DBO_5 es más alta en escenarios secos que húmedos, la carga total de DBO_5 que llega a la desembocadura puede ser mayor en el escenario húmedo (72,6 ton/mes en ESC 1) debido al volumen mucho más alto de agua transportando algo de materia orgánica (aunque más diluida). Esto indica que en época de crecidas el río exporta más masa de materia orgánica al ecosistema costero, pero sin comprometer la calidad in situ (ya que va diluida). Desde el punto de vista de calidad de agua en el río, lo crítico es la concentración: así, ESC 1 no representa un problema de DBO_5 a pesar de exportar más masa, mientras que ESC 4 tiene menor masa exportada pero mayor riesgo local por concentración. El balance reafirma que las fuentes externas de DBO_5 (materia orgánica biodegradable) son relevantes: por ejemplo, en ESC 2 aproximadamente el 59% de la carga de DBO_5 que llega a la desembocadura proviene de vertimientos/tributarios, mientras que ~41% era carga ya presente aguas arriba. Esto sugiere que las descargas de aguas residuales municipales (incluso tratadas) aportan cantidades significativas de materia orgánica que el río debe depurar. La remoción del 25–35% lograda en el tramo evidencia la capacidad de autodepuración, aunque con el costo de una reducción en OD. Técnicamente, esta remoción corresponde a la demanda de oxígeno ejercida: por cada tonelada de DBO_5 consumida se gastan aproximadamente 1-2 toneladas de oxígeno disuelto (considerando la estequiometría de degradación y que parte de la DBO puede ser nitrificante consumiendo aún más oxígeno por mg de N). Esto explica por qué observamos caídas de OD concomitantes con aumentos de DBO_5 río abajo.

En cuanto a diferencias entre escenarios, el balance de masa no muestra variaciones drásticas en la DBO_5 exportada entre ESC 2, 3 y 4 (entre 40 y 44 ton/mes, muy parecido), lo cual concuerda con las concentraciones similares ~3.5–3.9 mg/L observadas en la zona baja para estos casos. En ESC 1, aunque la concentración final era menor (~3 mg/L), el gran caudal da como resultado más masa exportada (~72 ton). Estos resultados sugieren que los escenarios de estiaje versus lluvia cambian la distribución y efecto de la DBO_5 dentro del río (concentraciones), pero la carga total anual de materia orgánica que el río transporta podría no reducirse en la misma proporción, sino redistribuirse temporalmente (más carga transportada en épocas húmedas, menos en secas). Para los tomadores de decisión, esto significa que si bien en épocas secas se debe vigilar la calidad por los efectos locales (bajo OD, mayor estrés biológico), en el balance global anual las fuentes de materia orgánica igualmente terminan en el ecosistema marino costero, por lo que también es relevante controlarlas en el origen.



4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Para la estrategia se han propuesto diferentes puntos de monitoreo basados en la red existente, para este análisis se toman los puntos reportados por los expedientes LAM1094 y LAM3491.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos de calidad en cada uno de los cuerpos de agua analizados de los muestreos registrados en el 2024 se concluye que:

- En el arroyo Palomino se observa incumplimiento en los parámetros: conductividad, y en valores máximos en SST, sulfatos, pH y nitritos.
- En el arroyo Cerrejón se observa incumplimiento en los parámetros: Conductividad y pH, y en valores máximos en DBO₅, Nitratos y Sulfatos.
- En el arroyo Cequiión se observa incumplimiento en los parámetros: conductividad y sulfatos.
- En el arroyo Tabaco se observa incumplimiento en los parámetros: Conductividad.
- En el arroyo Bruno se observa incumplimiento en los parámetros: Conductividad.

Finalmente, para el río Ranchería se observa incumplimiento en los parámetros: conductividad, Coliformes totales, SST y pH, y en valores máximos en Coliformes fecales, DQO y Nitritos.

Respecto al periodo anterior (2016 - 2023) en los cuerpos de agua analizados, se concluye que:

- En el arroyo Palomino se observa una mejora en los parámetros: Conductividad, y en los máximos en Nitritos, SST y pH, con valores más cercanos a los objetivos de calidad, mientras que los Coliformes Totales y Sulfatos disminuyeron hasta llegar al cumplimiento de los máximos establecidos.
- En el arroyo Cerrejón se observa una mejora en los parámetros: Conductividad, y en los máximos en Sulfatos, con valores más cercanos a los objetivos de calidad, mientras que los Coliformes Totales y Ortofosfatos disminuyeron hasta llegar al cumplimiento de los máximos establecidos. Por su parte, se observa una desmejora en los máximos reportados para la DBO₅, los Nitratos y el pH, presentando un aumento en el último año respecto al periodo anterior.
- En el arroyo Cequiión se observa una mejora en los parámetros: Conductividad con valores más cercanos a los objetivos de calidad, mientras que los Coliformes Totales disminuyeron hasta llegar al cumplimiento de los máximos establecidos. Por su



parte, se observa una desmejora en los mínimos reportados para los Sulfatos presentando un aumento significativo en el último año respecto al periodo anterior.

- En el arroyo Tabaco se observa una mejora en los parámetros: Conductividad con valores más cercanos a los objetivos de calidad, mientras que los Coliformes Totales, los SST, los Sulfatos y el pH disminuyeron hasta llegar al cumplimiento de los máximos establecidos.
- En el arroyo Bruno se observa una mejora en los parámetros: Conductividad con máximos más cercanos a los objetivos de calidad, aunque desmejora a nivel de promedios y mínimos. Por su parte, los Coliformes Totales, los Nitritos, SST, los Sulfatos y el pH disminuyeron hasta llegar al cumplimiento de los máximos establecidos.

El Arroyo Caurina solo cuenta con una estación de monitoreo y presenta datos de los años 2020 y 2022, siendo así que no se cuenta con información nueva, por lo que los datos no son considerados en el presente análisis y sus resultados pueden ser consultados en el documento de Estrategia de Monitoreo Regional del Recurso Hídrico Superficial en la Cuenca del río Ranchería - Aplicación Fase IV análisis de información.

Finalmente, para el río Ranchería se observa una mejora en los parámetros: Conductividad y Coliformes Fecales y en los máximos en Coliformes Totales, SST y DQO con valores más cercanos a los objetivos de calidad. Por el contrario, se observa una desmejora en los estadísticos reportados para el pH presentando un aumento significativo en el último año respecto al periodo anterior.

Espacialmente de acuerdo con los datos se destaca una disminución en la conductividad de varios cuerpos de agua, aunque se mantiene en valores significativamente altos en todas las corrientes muestreadas, así como los Sólidos Suspendidos Totales. El río Ranchería que es la corriente que recibe todos los vertimientos tanto los industriales como las descargas de aguas residuales domésticas no tratadas hecho que se ve reflejado en las DBO, coliformes y nutrientes. Los valores de conductividad, sulfatos y pH pueden no solo deberse a las descargas sino a las condiciones propias del suelo y agua subterránea como se evidencia en los muestreos en los meses en los cuales no se realiza vertimientos (época seca). Los coliformes totales pueden provenir de las actividades de agricultura y disposición de residuos líquidos de la zona.

En términos generales, de los análisis estadísticos y tendencias (análisis temporal) de calidad de agua se puede concluir que los parámetros con tendencia incremental tanto en los arroyos como en el río Ranchería son sulfatos, pH, SST y coliformes.

En cuanto al pH la variación de anteriores parámetros no incide de manera significativa en él, sin embargo, es de indicar que este parámetro en el arroyo Bruno presenta una tendencia decreciente, indicando una acidificación de las aguas. Esta variación puede deberse a la



presencia de otros metales pesados que reducen el pH, no obstante, es de mencionar que, en su mayoría, los parámetros asociados a metales pesados para todos los tramos analizados registraron concentraciones por debajo del límite de detección de la técnica analítica utilizada en su cuantificación. Esta acidificación también puede ser ocasionada por los suelos.

En cuanto al tema de los metales pesados si bien la mayoría se encuentra por debajo del límite de detección, es de mencionar que debido a que los sistemas de Lagunas, de donde provienen los vertimientos, actúan como reservorios también de los sedimentos que pueden contener concentraciones más altas de metales pesados, en comparación con la que se registra en el agua; además, es necesario considerar que los sedimentos pueden liberar metales al agua en condiciones de bajo pH y generar un efecto acumulativo por la interacción con otros parámetros como los sulfatos, que al estar en un medio acuoso forma ácido sulfúrico y produce acidificación del agua. Por tanto, se recomienda que se realice el monitoreo de metales pesados en la matriz de sedimentos.

Es importante resaltar que en varios parámetros se encontraron datos por fuera de los valores que se pueden dar, como es el caso del pH con resultados superiores a las 16 Unidades, por lo que es importante considerar estos aspectos como parte de las limitaciones de los análisis.

En cuanto a la modelación de calidad del agua se puede concluir que:

La modelación de calidad del agua del río Ranchería evidenció que la disponibilidad de caudal es el principal modulador de las condiciones fisicoquímicas del sistema. A menor caudal, como en los escenarios ESC-3 (-10 %) y ESC-4 (-20 %), se agravan significativamente las concentraciones de parámetros críticos, incluso sin incrementos adicionales de carga. Si bien el río muestra una capacidad operante de autodepuración de materia orgánica, removiendo entre el 25 % y 35 % de la DBO₅ a lo largo del tramo modelado, los niveles de oxígeno disuelto se sostienen apenas por encima del umbral mínimo de calidad en condiciones de estiaje, con márgenes de seguridad estrechos que podrían perderse con descensos adicionales del caudal o aumentos térmicos. Esto resalta la alta sensibilidad del sistema ante la combinación de sequía y temperaturas elevadas.

Por otro lado, se identificó un comportamiento conservativo pronunciado en algunos contaminantes, como la conductividad eléctrica y los ortofosfatos, cuyas concentraciones aumentan progresivamente sin evidencias de remoción natural significativa a lo largo del cauce. Esta condición reafirma que la recuperación del sistema para estos parámetros dependerá exclusivamente de la disminución en los aportes externos, ya que no existen mecanismos naturales eficaces de atenuación. En contraste, el sistema retiene una alta proporción de sólidos suspendidos totales (~85-95 %), aunque presenta picos críticos de concentración en la cuenca media, en particular entre los km 30 y 70 del cauce, asociados a





tributarios y descargas de lagunas de estabilización. Estos puntos muestran persistencia de condiciones críticas entre escenarios, lo que los posiciona como segmentos prioritarios de intervención.

Adicionalmente, la modelación evidenció que el fósforo disuelto (ortofosfato) se incrementa sustancialmente a pesar de que el fósforo total se mantiene estable, lo cual sugiere procesos activos de liberación desde sedimentos o transformación de formas particuladas en condiciones de bajo caudal. Esta dinámica interna representa un riesgo trófico creciente en los tramos bajos del río. También se observó que, si bien en escenario húmedo (ESC-1) las concentraciones de contaminantes disminuyen por dilución, las cargas exportadas al ecosistema marino aumentan, indicando la necesidad de considerar tanto concentración como masa vertida en la evaluación de impacto. Así, la modelación aporta evidencia técnica concreta para anticipar comportamientos del sistema hídrico que no son visibles con monitoreo puntual y que resultan fundamentales para la planificación ambiental diferencial por tramo y la adaptación ante escenarios climáticos adversos.

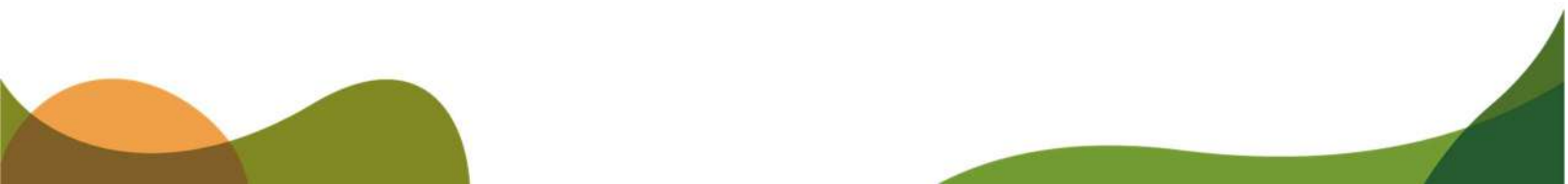
4.2 Recomendaciones de carácter regional dirigidas a SSLA

Expediente	Situación evidenciada	Recomendación
General	Se encontraron valores significativamente altos en los parámetros de Conductividad eléctrica, Sólidos suspendidos totales, y parámetros microbiológicos en los puntos de monitoreo sobre cuerpos de agua.	Se recomienda para los expedientes del área realizar análisis temporal y espacial de las variables conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, y parámetros microbiológicos sobre cuerpos de agua, con el fin de establecer las causas de los valores elevados en estos tres parámetros, y de ser el caso proponer las medidas correctivas necesarias.
	Se encontró que cada uno de los expedientes ha presentado en los reportes realizados, una codificación diferente al ID_ANLA, dificultando la identificación de puntos y el análisis temporal y espacial.	Se recomienda para los expedientes del área verificar en seguimiento la pertinencia de establecer codificación con ID_ANLA, con el fin de estandarizar la condición de lugar y garantizar que el análisis se realice sobre los puntos establecidos.
	Actualmente se reportan los datos biológicos sin un sistema formal de umbrales; este ajuste	Se recomienda complementar el método de seguimiento con umbrales ecológicos de referencia para los





	<p>permitiría interpretar los resultados ecológicamente y vincularlos con el modelo de calidad del agua.</p>	<p>principales grupos biológicos (fitoplancton, perifiton, macroinvertebrados) basados en condiciones de referencia de la cuenca alta del Ranchería o cuerpos de agua sin intervención directa.</p> <p>Para el fitoplancton y perifiton, se sugiere considerar concentraciones de clorofila $\mu\text{g/L}$. Para los macroinvertebrados bentónicos, se propone los índices BMWP/Col y ASPT. Incluir para todas las comunidades (fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados índices ecológicos). La adopción de estos indicadores y sus umbrales permitirá interpretar los resultados biológicos en función del estado ecológico, detectar tempranamente alteraciones y vincular los componentes biológicos y fisicoquímicos. Esto fortalecerá el seguimiento regional y la gestión adaptativa del recurso hídrico en la cuenca del río Ranchería.</p>
	<p>En varias de las campañas de monitoreo adelantadas en el periodo de análisis se identificó que no se realizaron en los periodos y puntos establecidos, en particular en los Arroyos Caurina, Cequión y Cerrejón</p>	<p>Se recomienda revisar las condiciones de modo, tiempo y lugar en el marco del seguimiento, para garantizar que estos se realicen en los periodos y puntos establecidos de manera tal que los datos reportados sean comparables. En caso de que estos no se realicen, es importante identificar las causas y realizar requerimientos, si aplica.</p>
<p>LAM1094</p>	<p>Se superó el objetivo de calidad en los parámetros Nitritos, SST y valores de pH en el Arroyo Palomino; pH en el Arroyo Cerrejón; Sulfatos en el Arroyo Cequión; DQO, Nitritos, SST y pH en el Río Ranchería.</p>	<p>Revisar la concentración de Nitritos, SST y valores de pH en el Arroyo Palomino; pH en el Arroyo Cerrejón; Sulfatos en el Arroyo Cequión; DQO, Nitritos, SST y pH en el Río Ranchería, en donde superó el objetivo de calidad.</p>
<p>LAM3491</p>	<p>Se superó el objetivo de calidad en los parámetros DBO, Nitratos,</p>	<p>Revisar la concentración de DBO, Nitratos, Sulfatos y pH en el Arroyo</p>





	Sulfatos y pH en el Arroyo Cerrejón y de DQO, Nitritos, SST y pH en el Río Ranchería	Cerrejón y de DQO, Nitritos, SST y pH en el Río Ranchería, en donde superó el objetivo de calidad.
	Se encontraron valores anómalos en los parámetros de pH en el Arroyo Cerrejón y el Río Ranchería	Revisar la consistencia del reporte de datos realizado en los ensayos de laboratorio, informe de laboratorio, ICA y MAG para el parámetro de pH en el Arroyo Cerrejón y en el Río Ranchería.

4.3 Recomendaciones de carácter regional para externos (Si aplica)

Situación evidenciada	Recomendación
Se evidenció una tendencia al incremento en varios de los parámetros a lo largo del río Ranchería con aumento progresivo hacia aguas abajo, principalmente en Conductividad y Sólidos Suspendidos Totales.	Se recomienda a las autoridades ambientales revisar los estudios ambientales y en las modelaciones de calidad del agua el análisis de parámetros bajo diferentes épocas climáticas cuando se presenten solicitudes de permiso de vertimientos sobre fuentes hídricas superficiales en la subzona hidrográfica del río Ranchería.
Se encontraron importantes concentraciones en parámetros como Coliformes Totales en el periodo 2020 – 2024, por encima del objetivo de calidad tanto en el Río Ranchería, como en varios de sus aportantes.	Se recomienda a las autoridades ambientales competentes ejercer un mayor control frente al desarrollo de actividades antrópicas asociadas con el sector pecuario y agrícola, más aun considerando la vulnerabilidad frente a la alteración en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial, en línea con lo establecido en el Reporte de análisis regional de la Zona Hidrográfica Caribe – Guajira.
Se evidenciaron metales en agua, los cuales, aunque suelen estar <LOD, su bioacumulación puede ser significativa.	Se recomienda ampliar el componente de monitoreo para incluir la determinación de metales traza en tejidos de organismos bentónicos o peces, especialmente Fe, Mn, Cd y As, en puntos con excedencias registradas en el agua. Este componente permitiría verificar la exposición real y validar las correlaciones fisicoquímicas-biológicas.
Se encontraron concentraciones de parámetros que pueden o no provenir de aportes domésticos en centros poblados.	Coordinar con las alcaldías y operadores de PTAR campañas sincrónicas de monitoreo (aguas arriba y abajo de centros poblados) durante la misma semana de las campañas regionales. Esto permitirá discriminar los aportes domésticos dentro de la señal





	general de calidad del agua e hidrobiología y ajustar la evaluación de cargas.
--	--

Finalmente, es importante que las autoridades ambientales competentes establezcan instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico superficial que permitan una mejor gestión y seguimiento de las condiciones de este, que permitan dar cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos y propendan por la disponibilidad y calidad adecuados para los diferentes usos.

5 BIBLIOGRAFIA

- [1.] ANLA. 2024. Estrategia Regional de Monitoreo del recurso hídrico superficial en la Cuenca del río Ranchería - Aplicación de la Fase IV Análisis de Información. Bogotá.
- [2.] IDEAM, consultado en agosto de 2025 en la dirección: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- [3.] ANLA.2018. Documento Técnico Estrategia Regional de Monitoreo del Recurso Hídrico Superficial Para la Cuenca del Río Ranchería – Departamento de La Guajira. Bogotá.
- [4.] ANLA. 2020. Actualización del Reporte de análisis regional de la Zona Hidrográfica Caribe – Guajira. Bogotá.
- [5.] CORPOGUAJIRA, 2016. Resolución 1319 del 17 de junio de 2016. *“Por la cual se establecen los objetivos de calidad de corto, mediano y largo plazo para los cuerpos de agua superficiales de La Guajira para el período 2017-2029”*. Riohacha.
- [6.] MADS, 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
- [7.] 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.
- [8.] Rodier J, Legube B, Merlet N. 2010. Análisis del agua. Barcelona.
- [9.] Roldan G, Ramírez J. 2008. Fundamentos de limnología Neotropical. Medellín.
- [10.] Tarradellas, J. ,2006. Red de Calidad del Agua de los Ríos de Colombia. Lausanne.
- [11.] Vollenweider, R. A., 1968. Water management research. Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication. Organization for Economic Co-operation and Development. Directorate for Scientific Affairs. Paris.



6 ANEXOS

Anexo 1. Órdenes Judiciales y Sancionatorios.

Anexo 2. Ejecutable del Modelo.

Anexo 3. Datos del Modelo.

Anexo 4. Resultados del Modelo

