



Autoridad Nacional  
de Licencias Ambientales

# Actualización Reporte de Análisis Regional

## *Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM)*

---



**NOVIEMBRE**  
2025



Irene Vélez Torres  
**Director General**

Tomás Restrepo Rodríguez  
**Subdirector Instrumentos Permisos  
y Trámites Ambientales**

Jorge Alberto Sanabria Morales  
**Coordinador Grupo de  
Regionalización  
y Centro de Monitoreo**

Oscar Varila  
**Líder de Análisis Regional**

Yeimi Lorena Amazo Ramírez  
**Caracterización general del  
área de estudio**

Yeimi Lorena Amazo Ramírez  
**Medio Socioeconómico**

Martha Patricia Montenegro Carrillo  
**Clima y Cambio Climático**

Zulma Lizeth Valenzuela Bustacara  
**Componente Hídrico Superficial**

Juan Sebastian Ramírez Garzón  
**Componente Hidrogeológico**

Jaime Andrés Fajardo Rodríguez  
**Componente Atmosférico**

Laura Valentina Huertas Amaya  
**Medio Biótico**

Jean Sebastian Cortez Mayorga  
**Evaluación Económica  
Ambiental**

Jean Sebastian Cortez Mayorga  
**Jerarquización de Impactos  
Ambientales**

Mariana Carreño Bernal  
Wilfredo Marimón Bolívar  
**Componente Hídrico Superficial**

Gabriel Ignacio Urrego Montero  
**Componente Hídrico Subterráneo**

Jaime Andrés Fajardo Rodríguez  
**Componente atmosférico y ruido**

Alejandra Neira  
**Medio Biótico**  
**Centro de Monitoreo de los  
Recursos Naturales**

Yuli Carolina Velandia Roncancio  
**Componente Hídrico Superficial**

Leonardo Andrés Malagón Aldana  
**Medio Biótico**

Luisa Fernanda Valencia Casas  
**Componente Hidrogeológico**

Juan Pablo Ayala Robayo  
**Componente Atmosférico**

Angelica María Becerra Paipa  
Juliana Isabel Betancur Buritica  
**Profesionales Cambio Climático**  
**Líderes Temáticos (Revisión)**

**Diseño de plantilla**  
**Grupo de Comunicaciones**

*Pedro Ferreira do Amaral*  
**Fotografía portada**



## Tabla de contenido

<b>I. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>6</b>
A. CRITERIO DE DEFINICIÓN	6
<b>II. UNIDADES TERRITORIALES</b>	<b>6</b>
<b>III. ESTADO DE LICENCIAMIENTO</b>	<b>7</b>
<b>IV. PROSPECTIVA SECTORIAL</b>	<b>8</b>
<b>V. SENSIBILIDAD AMBIENTAL</b>	<b>9</b>
A. OBSERVACIONES POR COMPONENTE	11
B. SENSIBILIDAD AMBIENTAL FINAL	13
<b>VI. JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS</b>	<b>14</b>
<b>VII. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>VIII. DEMANDA DE RECURSOS NATURALES - PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES</b>	<b>18</b>
A. CANTIDAD DE PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO – ANLA Y AUTORIDADES AMBIENTALES REGIONALES	19
B. ANEXO PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO	22
<b>IX. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA CON ENFOQUE TERRITORIAL Y DE DERECHOS HUMANOS</b>	<b>22</b>
A. DELIMITACIÓN TERRITORIAL	22
B. COMPOSICIÓN DEMOGRÁFICA Y ÉTNICA	22
C. ECONOMÍA LOCAL Y MEDIOS DE VIDA	25
D. CONDICIONES DE VIDA Y ACCESO A DERECHOS	26
A. PARTICIPACIÓN Y GOBERNANZA TERRITORIAL	27
B. ELEMENTOS AMBIENTALES DE INTERÉS Y CONFLICTIVIDAD EN EL TERRITORIO	28
C. SENTENCIAS PROFERIDAS POR LA CORTE CONSTITUCIONAL EN JURISDICCIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS/MUNICIPIOS DEL ÁREA REGIONALIZADA	35
D. PROCESOS JUDICIALES Y SANCIONATORIOS AMBIENTALES ASOCIADOS A POA DE COMPETENCIA DE LA ENTIDAD	36
<b>X. PAISAJE Y VALORACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>38</b>
A. PAISAJE	38
B. VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL- CUENCA VISUAL DEL PAISAJE	38
<b>XI. CARACTERIZACIÓN CLIMA</b>	<b>41</b>
A. CLIMA HISTÓRICO	41



B.	PROYECCIONES CLIMÁTICAS FUTURAS BAJO ESCENARIOS SSP (2021–2100) .....	46
<b>XII.</b>	<b>AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CLIMÁTICO .....</b>	<b>48</b>
A.	AMENAZA .....	49
B.	VULNERABILIDAD .....	50
C.	RIESGO.....	53
<b>XIII.</b>	<b>MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN A EVENTOS EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. ....</b>	<b>53</b>
A.	MITIGACIÓN .....	54
B.	ADAPTACIÓN.....	55
<b>XIV.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL.....</b>	<b>57</b>
A.	CONDICIÓN REGIONAL – INDICADORES HIDROLÓGICOS.....	57
B.	CONDICIÓN REGIONAL - CANTIDAD DE AGUA .....	59
C.	CONDICIÓN REGIONAL - CALIDAD DE AGUA.....	60
D.	MODELACIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL - CANTIDAD DE AGUA .....	67
E.	MODELACIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL – CALIDAD DEL AGUA.....	75
<b>XV.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO .....</b>	<b>82</b>
A.	CONDICIÓN REGIONAL DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO .....	83
B.	ANÁLISIS DE TENDENCIA HIDROGEOLÓGICA.....	86
C.	OFERTA Y DEMANDA DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO.....	88
D.	SISMICIDAD INDUCIDA .....	89
E.	MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA .....	93
<b>XVI.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO .....</b>	<b>100</b>
A.	CALIDAD DEL AIRE .....	100
B.	MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES – PM <sub>10</sub> - NO <sub>2</sub> .....	104
C.	RUIDO AMBIENTAL.....	109
D.	MODELO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO.....	112
<b>XVII.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO .....</b>	<b>121</b>
A.	COBERTURAS VEGETALES .....	121
B.	ÁREAS PROTEGIDAS Y DE IMPORTANCIA AMBIENTAL .....	122
C.	FAUNA.....	124
D.	FLORA .....	125
E.	HIDROBIOTA.....	126
F.	COMPENSACIONES E INVERSIÓN FORZOSA DE NO MENOS DEL 1% .....	132
G.	MODELACIÓN BIÓTICA .....	139





<b>XVIII.</b>	<b>ANÁLISIS DE INTEGRALIDAD .....</b>	<b>147</b>
A.	IMPACTOS PRESENTES .....	148
B.	IMPACTOS FUTUROS .....	153
C.	MODELO DE SISTEMA COMPLEJOS (MSC) .....	156
<b>XIX.</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE AMBIENTAL DE VALOR (VEC) Y DEFINICIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS .....</b>	<b>161</b>
A.	ACTIVIDAD 1 SELECCIÓN DEL VEC.....	161
B.	ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES ESPACIALES DEL VEC.....	164
C.	ACTIVIDAD 3. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES BASE DEL VEC .....	165
D.	ACTIVIDAD 4. SELECCIÓN DE PROYECTOS E IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y ESTRESORES EXTERNOS.....	166
E.	ACTIVIDAD 5. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS .....	171
F.	ACTIVIDAD 6. EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS SOBRE CADA VEC.....	172
G.	ACTIVIDAD 7. DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS DE GESTIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS SOBRE CADA VEC.....	173
<b>XX.</b>	<b>CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES PARA LA GESTIÓN .....</b>	<b>177</b>
A.	CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES DIRIGIDOS A SELA.....	177
B.	CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES DIRIGIDOS A SSLA.....	181
C.	RECOMENDACIONES DE CARÁCTER REGIONAL PARA EXTERNOS .....	187
<b>XXI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>191</b>



## I. INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente reporte de Análisis Regional de Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco, sintetiza los aspectos más relevantes sobre el estado de los recursos naturales y su sensibilidad ambiental frente a la ejecución de proyectos, obras y/o actividades objeto de licenciamiento ambiental en la región. Este documento tiene como objetivo ofrecer al lector una aproximación a las dinámicas socioambientales territoriales para apoyar la toma de decisiones en los procesos de evaluación y seguimiento ambiental de los proyectos competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en adelante la ANLA y en los procesos de gestión ambiental que competen a otras entidades públicas en el marco de sus respectivas funciones.

La información utilizada proviene de la Base de Datos Corporativa (BDC) de la ANLA, el Sistema de Información de Licencias Ambientales (SILA), y datos suministrados por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial la Macarena (CORMACARENA) y Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (CORPORINOQUIA), así como de grupos e institutos de investigación, entre otras entidades. Este reporte caracteriza los potenciales impactos acumulativos en el área de estudio mediante la delimitación de uno o varios VEC (Elementos Ambientales de Valor, por sus siglas en inglés), formulando recomendaciones orientadas al análisis, manejo y seguimiento de los impactos acumulativos en los medios biótico, abiótico y socioeconómico.

### A. CRITERIO DE DEFINICIÓN

El área de estudio de la presente actualización del Reporte de Análisis Regional (RAR) se localiza en la región de la Orinoquia colombiana, con énfasis en el Alto Vichada, un territorio que comprende principalmente las subzonas hidrográficas de los ríos Muco y Guarrojo, junto con sus afluentes y planicies inundables. Esta zona se extiende sobre la jurisdicción del municipio de Cumaribo del departamento del Vichada y, en menor proporción, de Puerto Gaitán del departamento del Meta, donde confluyen dinámicas socioambientales asociadas a comunidades indígenas, campesinas y a la presencia de áreas de importancia ecológica y de conectividad ecosistémica. La delimitación espacial del área de análisis, incluyendo su extensión, rango altitudinal, áreas regionalizadas superpuestas y las estrategias de monitoreo aplicadas, se detallan a continuación en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Información general del área de estudio del RAR Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM)

NOMBRE DEL ÁREA REGIONALIZADA	ALTITUD MÍN (m.s.n.m.)	ALTITUD MÁX (m.s.n.m.)	ÁREA (HA)
RAR Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM)	170.0	200.0	1.614.471.93
INFORMACIÓN DE REPORTE DE ANÁLISIS REGIONAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO			
ÁREA REGIONALIZADA	LINK DEL REPORTE	AÑO REPORTE	
Alto Vichada, Muco y Guarrojo	<a href="https://www.anla.gov.co/documentos/biblioteca/07-05-2021-anla-rassh-alto-vichada-rio-guarrojo-rio-muco.pdf">https://www.anla.gov.co/documentos/biblioteca/07-05-2021-anla-rassh-alto-vichada-rio-guarrojo-rio-muco.pdf</a>	2018	
ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL	COMPONENTE	ÁREA (%)	
Alto Vichada, Muco y Guarrojo	Hídrico Subterránea	100.07	
Cuenca del Río Tillavá	Hídrico Superficial	18.76	

Fuente: ANLA, 2025

## II. UNIDADES TERRITORIALES

Como se indica en la Tabla 2, el área se localiza en la región de la Orinoquía colombiana, entre los departamentos de Meta y Vichada, en jurisdicción de los municipios de Puerto Gaitán (72,35%) y Cumaribo (27,65%), siendo el primero el de mayor extensión dentro del área de estudio. Esta distribución territorial refleja

el predominio de Puerto Gaitán en la cobertura del área, mientras que Cumaribo cubre una proporción menor pero significativa (ver Figura 1).

Tabla 2. Distribución de unidades territoriales

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ÁREA (%)	DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES TERRITORIALES
META	PUERTO GAITÁN	72.35	<p>Figura 1. División municipal en el área de estudio</p>
VICHADA	CUMARIBO	27.65	

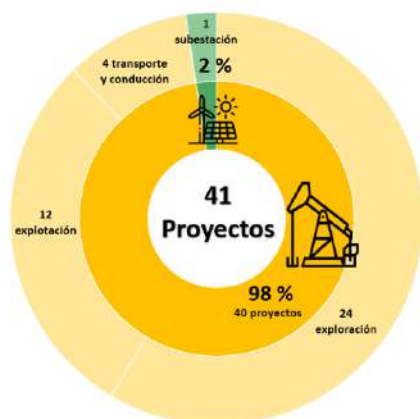
Fuente: ANLA, 2025.

### III. ESTADO DE LICENCIAMIENTO

#### DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS EN ESTADO DE LICENCIAMIENTO

En el área de estudio se identifica un total de cuarenta y un (41) proyectos con licenciamiento ambiental otorgado por la ANLA, los cuales se encuentran actualmente en estado de seguimiento ambiental. De estos, el sector de hidrocarburos agrupa la mayor cantidad, con un total de 40 proyectos. La Figura 2 ilustra la distribución de los proyectos por subsectores. La Figura 3 muestra la localización espacial de los proyectos licenciados y la Tabla 3 presenta el detalle de los expedientes asociados.

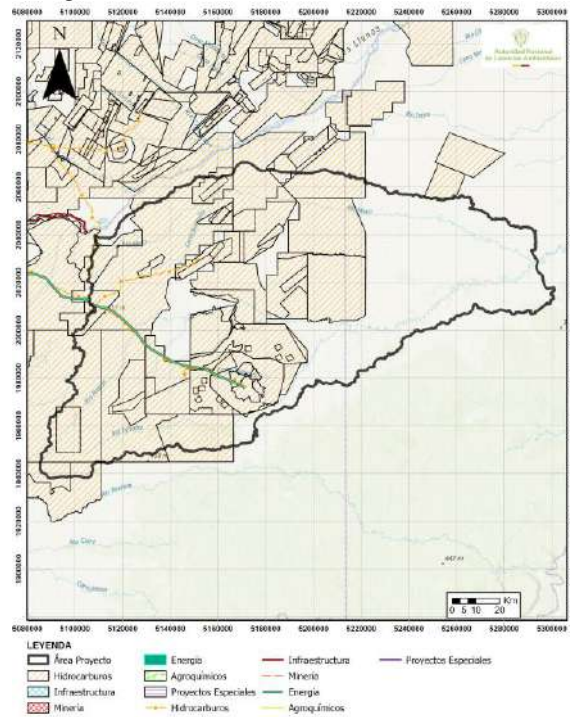
Figura 2. Número de proyectos en el área de estudio.



Fuente: ANLA, 2025

#### FRECUENCIA DE PROYECTOS POR SUB-SECTOR

Figura 3. Estado de licenciamiento en el área de estudio.



Fuente: ANLA, 2025.

**Tabla 3.** Estado de licenciamiento en el área de estudio.

SECTOR	SECTOR HIJO	EXPEDIENTE	ESTADO	PROYECTO
Hidrocarburos	Exploración	LAM3340	Activo	Área de Perforación Exploratoria "Quifa"
		LAM3524	Activo	Área de Perforación Exploratoria Gaban
		LAM3547	Activo	Área de Interés de Perforación exploratoria Guarrojo - Ocelote
		LAM3605	Activo	Área de Perforación Exploratoria Bloque Chicuaco
		LAM3678	Activo	Área de Perforación Exploratoria Quifa Sur Oeste
		LAM3969	Activo	Área de Perforación exploratoria Cocli
		LAM4008	Activo	Área de Interés para el Bloque de Perforación Guarrojo-Ocelote complemento (Sector Suroeste)
		LAM4503	Activo	Bloque de Perforación Exploratoria Quifa Noreste
		LAM4649	Activo	Área de Perforación Exploratoria Sabanero
		LAM4973	Activo	Área de Interés de Perforación Exploratoria en el Bloque CPO-2
		LAM5023	Activo	Área de Perforación Exploratoria Mago
		LAM5088	Activo	Área de Perforación Exploratoria Bloque CPO-3
		LAM5089	Activo	Área de Perforación Exploratoria Bloque Central
		LAM5124	Activo	Área de Perforación Exploratoria Quifa Norte – Norte
		LAM5170	Activo	Perforación Exploratoria Bloque CPO-7A
		LAM5172	Activo	Perforación Exploratoria Bloque CPO-7B
		LAM5175	Activo	Área de Perforación Exploratoria Mago Norte
		LAM5225	Activo	Bloque de Perforación Exploratoria CPO-1
		LAM5281	Activo	Perforación Exploratoria CPO-13
		LAM5297	Activo	Área de Perforación Exploratoria Cocli Norte
	LAM5475	Activo	Área de Perforación Exploratoria Bloque CPO-12	
	LAV0006-12	Activo	Bloque Perforación y Explotación Sabanero	
	LAV0084-13	Activo	Área de Perforación Exploratoria CPO13B	
	LAV0090-00-2014	Activo	Área de Perforación Exploratoria CPO-8 Sur	
	Explotación	LAM0019	Activo	Campo Rubiales
		LAM2997	Activo	Área de Desarrollo Caracara
		LAM3338	Activo	Área de Desarrollo Cabiona
		LAM4221	Activo	Campo de Explotación de Hidrocarburos Ocelote - Guarrojo
		LAM4795	Activo	Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa
		LAM5506	Activo	Explotación de Hidrocarburos Bloque CPO-6
		LAM5995	Activo	Campo de Producción Mago
		LAV0011-14	Activo	Área de Explotación Atarraya Bloque CPO7
		LAV0012-00-2018	Activo	Licencia Ambiental Campo de Producción Cumanday - Licencia Ambiental.
LAV0033-00-2015		Activo	Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa Norte Norte	
LAV0037-00-2015	Activo	Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa Noroeste		
LAV0041-13	Activo	Área Explotación Pendare Bloque CPO13		
Hidrocarburos	LAV0021-00-2023	Activo	Interconexión del Campo de Producción Mago de Ecopetrol al ODL entre las abscisas pk30+000 a pk30+500, mediante tubería con diámetro de hasta 24 pulgadas	
Transporte y Conducción	LAM2965	Activo	Oleoducto Campo Rubiales El Povenir	
	LAM3293	Activo	Construcción de una línea de conducción de crudo desde el pozo Jaguar-1, hasta la Estación Santiago, en una primera fase y a la Estación El Povenir en una segunda fase	
Energía	Subestaciones	LAM4352	Activo	Construcción y operación del Oleoducto Ocelote Palmeras
LAM4978	Activo	Línea Eléctrica de 230 kv Subestación Chivor - Campo Rubiales		

Fuente: ANLA, 2025

## IV. PROSPECTIVA SECTORIAL

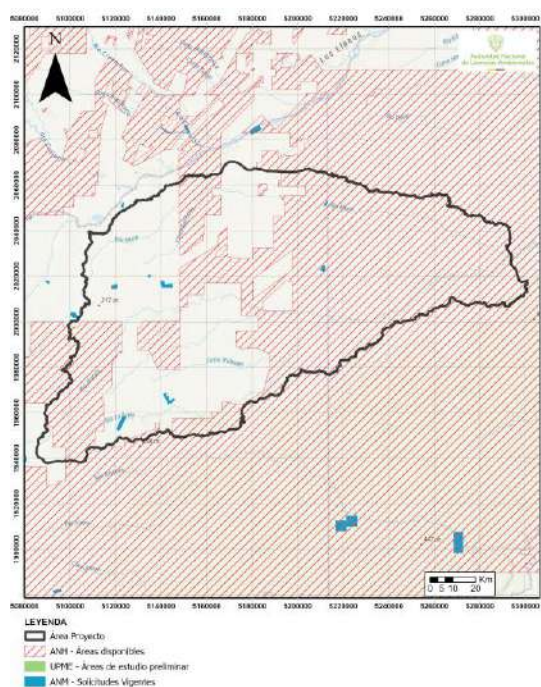
En el área de interés se identifican siete polígonos con prospectiva minera y un polígono asociado al sector de hidrocarburos. De acuerdo con el análisis cartográfico de la Agencia Nacional de Minería (ANM), estos corresponden a títulos mineros activos presentes en la zona, información disponible en su visor oficial <https://annamineria.anm.gov.co/Html5Viewer/index.html?viewer=SIGMExt&locale=esCO&appAcronym=sigm>. Por su parte, la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) reporta la existencia de un bloque prospectivo destinado a la exploración de hidrocarburos, el cual puede ser consultado en el geovisor institucional (<https://geovisor.anh.gov.co/tierras/>). La Tabla 4 sintetiza la cantidad de polígonos por sector y en la Figura 4

se muestra la distribución espacial de estas áreas. El documento detallado con relación a la prospectiva sectorial se puede consultar a través del siguiente enlace: [ProspectivaAltoVichada2025.pdf](#)

**Tabla 4.** Cantidad de polígonos prospectivos por sector

AGENCIA	CANTIDAD DE ÁREAS CON PROSPECTIVA
ANH	1 polígono
ANM	7 polígonos

**Figura 4.** Prospectiva sectorial en el área de estudio



Fuente: ANLA, 2025

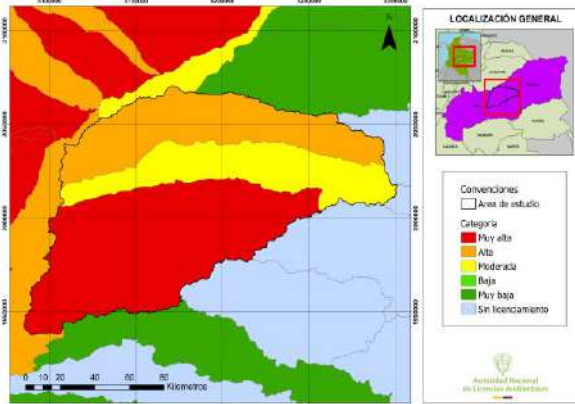
## V. SENSIBILIDAD AMBIENTAL

A continuación, se presenta la actualización del ejercicio de sensibilidad ambiental desarrollado en 2024 por el Grupo de Regionalización y el Centro de Monitoreo de la ANLA. Se exponen los resultados obtenidos a partir de la ponderación entre la confluencia espacial de los proyectos licenciados por esta Autoridad Nacional que involucran sus impactos potenciales asociados y las condiciones de vulnerabilidad, amenaza y riesgo de los medios y/o componentes ambientales reconocidos dentro del polígono delimitado por el área de estudio. Este ejercicio de análisis espacial se basa en información secundaria oficial, a escala 1:100.000, disponible para su visualización y descarga en el sitio web institucional, a través de [Geo visor](#) la ANLA.

En este mismo portal podrá consultar la memoria explicativa correspondiente al apartado de [Sensibilidad Ambiental Regional](#), que detalla el proceso metodológico utilizado para determinar el grado de sensibilidad ambiental evaluado, así como visualizar de forma interactiva los resultados y capas geoespaciales asociadas.

**SENSIBILIDAD DEL LICENCIAMIENTO**

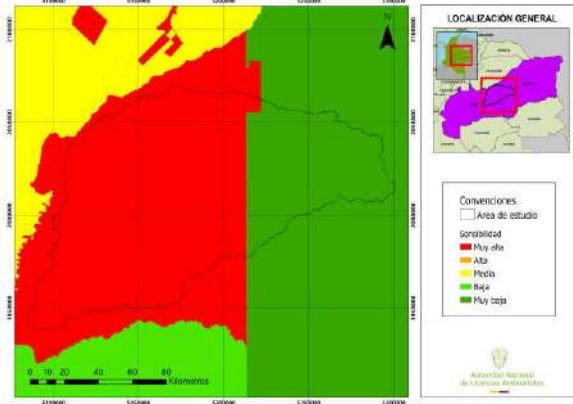
**Figura 5. Sensibilidad del licenciamiento**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO**

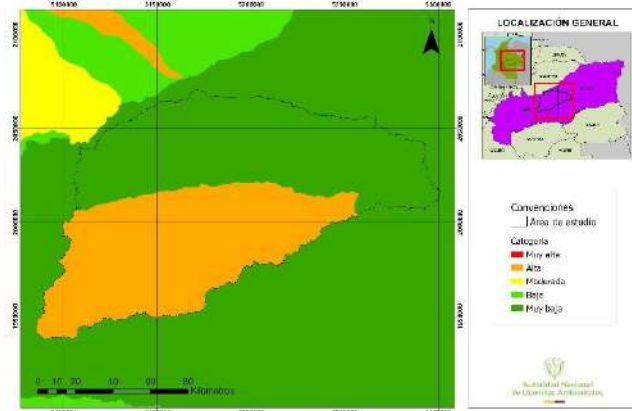
**Figura 6. Sensibilidad del medio socioeconómico**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL - CALIDAD**

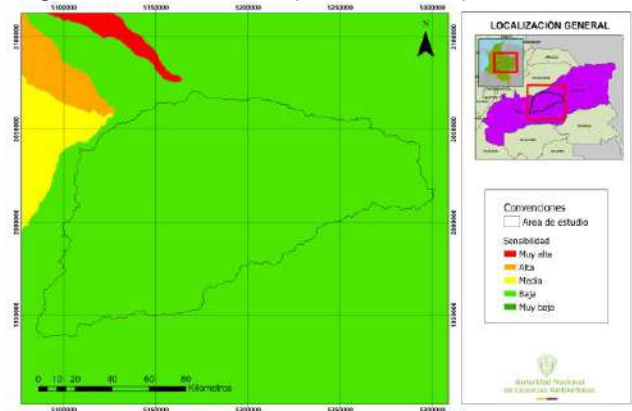
**Figura 7. Sensibilidad del componente hídrico superficial - calidad**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL - CANTIDAD**

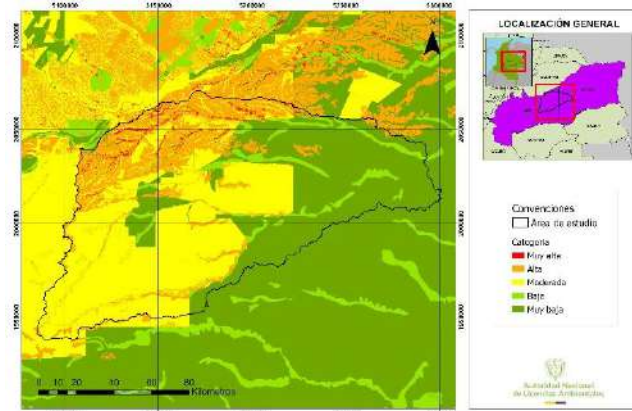
**Figura 8. Sensibilidad del componente hídrico superficial - cantidad**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO - CALIDAD**

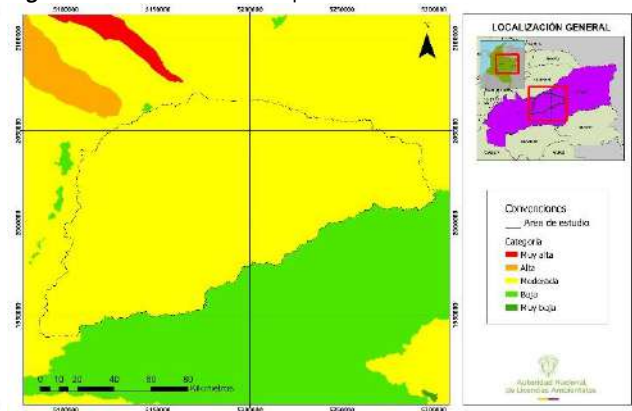
**Figura 9. Sensibilidad del componente hídrico subterráneo - calidad**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO - CANTIDAD**

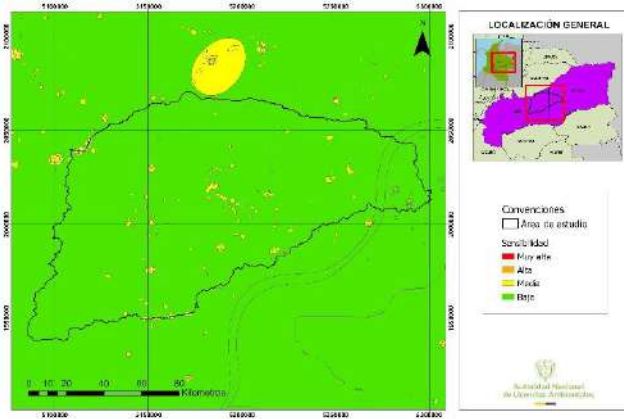
**Figura 10. Sensibilidad del componente hídrico subterráneo - cantidad**



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO**

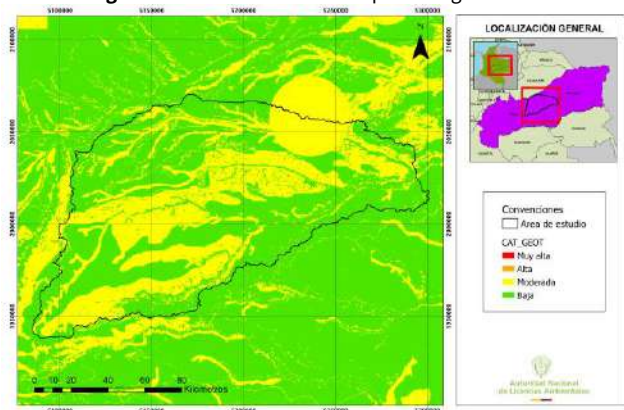
**Figura 11.** Sensibilidad del componente atmosférico



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE GEOTÉCNICO**

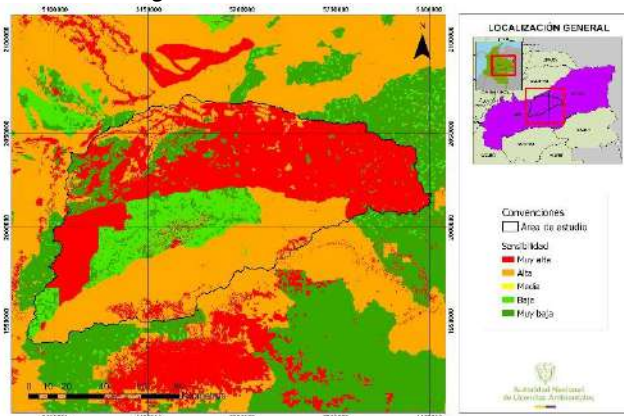
**Figura 12.** Sensibilidad del componente geotécnico



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL MEDIO BIÓTICO**

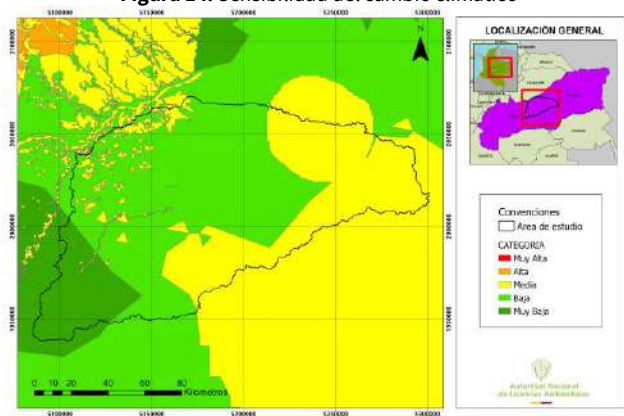
**Figura 13.** Sensibilidad del medio biótico



Fuente: ANLA, 2024

**SENSIBILIDAD DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

**Figura 14.** Sensibilidad del cambio climático



Fuente: ANLA, 2024

**A. OBSERVACIONES POR COMPONENTE**

<p>SENSIBILIDAD DEL LICENCIAMIENTO</p>	<p>Para el análisis de la sensibilidad de este componente, se definieron categorías a partir de la frecuencia y criticidad de proyectos en relación con el área de ocupación sobre cada Subzona Hidrográfica, lo cual indica de manera directa no solo el porcentaje de área ocupada por proyectos licenciados al interior de una cuenca, sino también la criticidad de cada uno de estos para obtener la categoría de sensibilidad. Como resultado para el área del proyecto se establecieron categorías de sensibilidad muy alta y alta para la SZH Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco para el sector predominantes de infraestructura, energía e hidrocarburos fue establecida como categoría muy alta por la vulnerabilidad de los componentes ambientales frente al licenciamiento.</p>
<p>SENSIBILIDAD DEL MEDIO SOCIECONÓMICO</p>	<p>En el área de interés se registran 85 denuncias ambientales en el municipio de Puerto Gaitán (Meta), asociadas a proyectos, obras y/o actividades de competencia de la ANLA, lo que refleja un nivel de sensibilidad ambiental muy alto. Por su parte, en Cumaribo (Vichada) no se reportan quejas ni denuncias formales; sin embargo, también se clasifica</p>



	<p>con sensibilidad muy alta debido a la presencia de procesos jurídicos que incluyen órdenes judiciales y tutelas. El municipio que más se resalta es Puerto Gaitán, tanto por el número de quejas y denuncias como por la diversidad de procesos jurídicos asociados, lo cual evidencias alertas de conflictividad socioambiental en el territorio. En el desarrollo del capítulo de caracterización socioeconómica se describen las acciones implementadas en territorio para atender dichos reportes desde la ANLA.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL - CALIDAD</b>	<p>El área de estudio presenta una sensibilidad muy baja y alta para la calidad del recurso hídrico superficial, como consecuencia de que en la SZH Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco se presenta un índice de alteración potencial de calidad del agua (IACAL) tipificado como muy bajo; un índice de calidad del agua (ICA) que refleja un estado de calidad regular y, finalmente, una alta presión por caudal de vertimientos acumulados, con un valor de 612.34 l/s, según lo consignado en el SIRH a corte de 2024.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL - CANTIDAD</b>	<p>En el área de estudio predomina una sensibilidad baja en términos de cantidad del recurso. Esto se relaciona con el resultado del índice de vulnerabilidad hídrica al desabastecimiento (IVH) en la SZH Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco, calculado a partir de la correlación existente entre el índice de regulación hídrica (IRH), el cual se toma del ENA 2022, y el índice de uso del agua IUA, el cual fue actualizado con base en la demanda hídrica de las concesiones de agua superficial otorgadas por la ANLA y por las Autoridades Ambientales Regionales, según lo reportado en el SIRH. De esta manera, la sensibilidad baja hace referencia a una moderada capacidad de la cuenca para mantener o regular un caudal determinado, sumado a una muy baja demanda del recurso hídrico superficial.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO - OFERTA</b>	<p>El área de estudio registra una sensibilidad moderada para el componente hídrico subterráneo, en relación con el riesgo a la alteración potencial de la oferta, debido a que en la zona de interés se reporta litología de conglomerados, arenitas poco consolidadas con matriz ferruginosa y arcillosa, que cuentan con una permeabilidad tipificada como A y, finalmente, se identifica un total de 712 captaciones de este recurso al interior de la SZH Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO - CALIDAD</b>	<p>El área de estudio registra una sensibilidad preponderantemente moderada para el componente hídrico subterráneo, en relación con el riesgo a la alteración de la calidad de este recurso, a causa de que en la zona de interés se reporta un bajo potencial de recarga de los acuíferos y baja vulnerabilidad ante cargas de contaminación que tienen lugar en superficie; y se identifican fuentes potenciales de contaminación de aguas subterráneas, asociadas a: zonas con centros urbanos y/o presencia de proyectos potencialmente contaminantes de moderada criticidad.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO</b>	<p>Para el componente atmosférico, predomina la sensibilidad baja con el 88.89 % del área en estudio, dado que se identifican zonas con rangos de concentración de <math>PM_{10}</math> entre <math>20 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> y <math>30 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>, concentración de <math>PM_{2.5}</math> entre 15 y <math>25 \mu\text{g}/\text{m}^3</math>, precipitación anual mayor a 2000 mm, densidad poblacional menor de 10 hab/<math>\text{km}^2</math> y, por último, una velocidad del viento entre 1.5 - 3.3 m/s.</p>
<b>SENSIBILIDAD DEL MEDIO BIÓTICO</b>	<p>En el área de estudio predomina una sensibilidad muy alta para el medio biótico, debido a la conectividad funcional potencial, identificándose zonas con “áreas núcleo – núcleo corredor”. En cuanto a los ecosistemas acuáticos, el área de interés presenta baja conectividad, escasa presencia de peces migratorios y especies de importancia pesquera. Respecto a las áreas de compensación e inversión del 1%, el área de interés incluye zonas sin procesos de compensación ni inversión asociados. En relación con la</p>



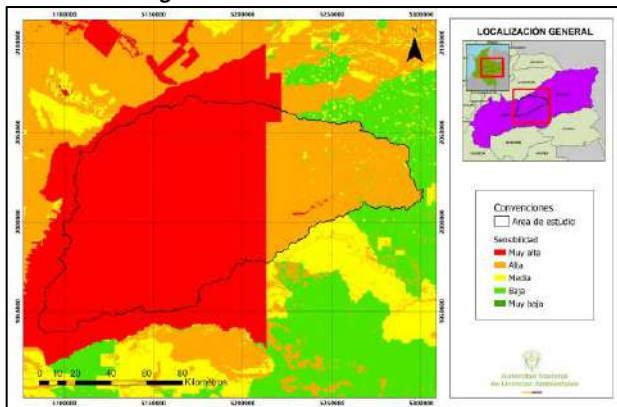
	<p>dinámica de transformación del bosque, no se registran núcleos de deforestación en la zona. Asimismo, no se evidencia la presencia de áreas protegidas. Finalmente, respecto a los ecosistemas en condición de amenaza, el área de interés se clasifica como de preocupación menor</p>
<b>SENSIBILIDAD GEOTÉCNICA</b>	<p>En el área de estudio predomina la sensibilidad baja para el componente de geotecnia. De acuerdo con el mapa de amenaza por Movimiento de remoción en masa del Servicio Geológico Colombiano – SGC (2017), se debe a la presencia de zonas planas o con laderas de pendientes bajas, muy poco pobladas, en general estables.</p>
<b>SENSIBILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<p>En el área de estudio predomina una sensibilidad baja al cambio climático, de acuerdo con el cálculo de las variables contempladas, que corresponden a: Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades (DNP, 2018), Escenario de Cambio Climático 2011-2040, Diferencia de temperatura °C (IDEAM, 2015), Escenario de Cambio Climático 2011-2040, Cambio Porcentaje de precipitación (IDEAM, 2015), Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) (IDEAM, 2016), Inundación Fenómeno Niña 2010 -2011 (IDEAM) y el Ascenso Sobre el Nivel del Mar - A.S.N.M. 2040 (18 cm) (TNC, 2017). La sensibilidad baja se atribuye a las proyecciones para el periodo 2011 – 2040. El territorio podría experimentar un aumento de temperatura entre 0.51 y 0.8 °C, eventos climáticos leves de sequías e inundaciones ocasionales, impacto moderado, capacidad de respuesta frente a eventos climatológicos suficientes, condiciones cercanas a la normalidad y sin problemas hídricos graves.</p>

## B. SENSIBILIDAD AMBIENTAL FINAL

El área de interés presenta una sensibilidad predominantemente **muy alta (72.92 %)**, seguida de las categorías **alta (26.68 %)** y **moderada (0.50 %)**. Este resultado proviene de la ponderación de los criterios de sensibilidad intermedia en los componentes hídrico superficial, hídrico subterráneo, atmosférico, geotécnico, biótico, socioeconómico y, de manera transversal, cambio climático y licenciamiento. Entre estos, destacan el medio socioeconómico, el medio biótico y el de licenciamiento: el primero por el número de quejas y denuncias, así como por la diversidad de procesos jurídicos asociados; el segundo, por la superposición de proyectos frente a la conectividad funcional potencial; y el último, por la frecuencia y criticidad de los proyectos en relación con el área de ocupación dentro de la Subzona Hidrográfica.

**DISTRIBUCIÓN SENSIBILIDAD AMBIENTAL FINAL**

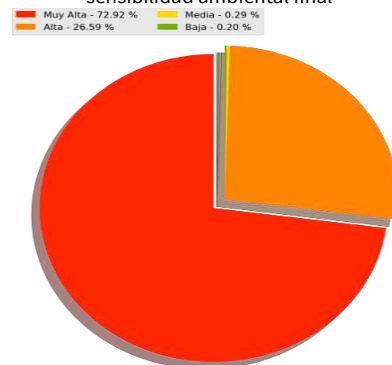
**Figura 15. Sensibilidad ambiental final**



Fuente: ANLA, 2024

**% DE ÁREA POR SENSIBILIDAD**

**Figura 16. Distribución porcentual de sensibilidad ambiental final**



Fuente: ANLA, 2024

## VI. JERARQUIZACIÓN DE IMPACTOS

Para el área de estudio del presente documento, se identificó que, de las 36 Categorías Estandarizadas de Impacto (CEI) definidas en el instrumento *Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales (2023)* (disponible en [https://www.anla.gov.co/01\\_anla/institucional-interno/gestion-del-conocimiento-y-la-innovacion/analitica-de-datos/tablero-control-jerarquizacion-de-impacto](https://www.anla.gov.co/01_anla/institucional-interno/gestion-del-conocimiento-y-la-innovacion/analitica-de-datos/tablero-control-jerarquizacion-de-impacto)) se presentaron 28 CEI en los 36 proyectos licenciados dentro del área de interés. Esto representó un total de 853 impactos reportados por estos proyectos en los sectores económicos de energía e hidrocarburos,

En la siguiente tabla (ver Tabla 5) se detalla el número de CEI identificadas y su frecuencia por sector y subsector económico:

**Tabla 5.** Número y frecuencia de CEI en el área de estudio por sector y subsector económico.

SECTOR	NUMERO DE CEI	FRECUENCIA DE CEI
Energía	8	11
Subestaciones	8	11
Hidrocarburos	28	842
Exploración	28	656
Explotación	24	160
Transporte y Conducción	13	26
Total, general	28	853

Fuente: ANLA 2025

El análisis de distribución de impactos por categoría (CEI) permite identificar que la mayor concentración de impactos se encuentra en el sector de hidrocarburos, con 842 impactos, registra cerca del 98,7% del total. Esta alta incidencia convierte a este sector en el principal generador de presión sobre los medios y componentes ambientales, siendo el subsector de exploración, con 656 registros, el que representa el 77,9% de los impactos del sector, seguido por explotación con 160 (19%) y por último transporte y conducción con 26 registros (3,1%).

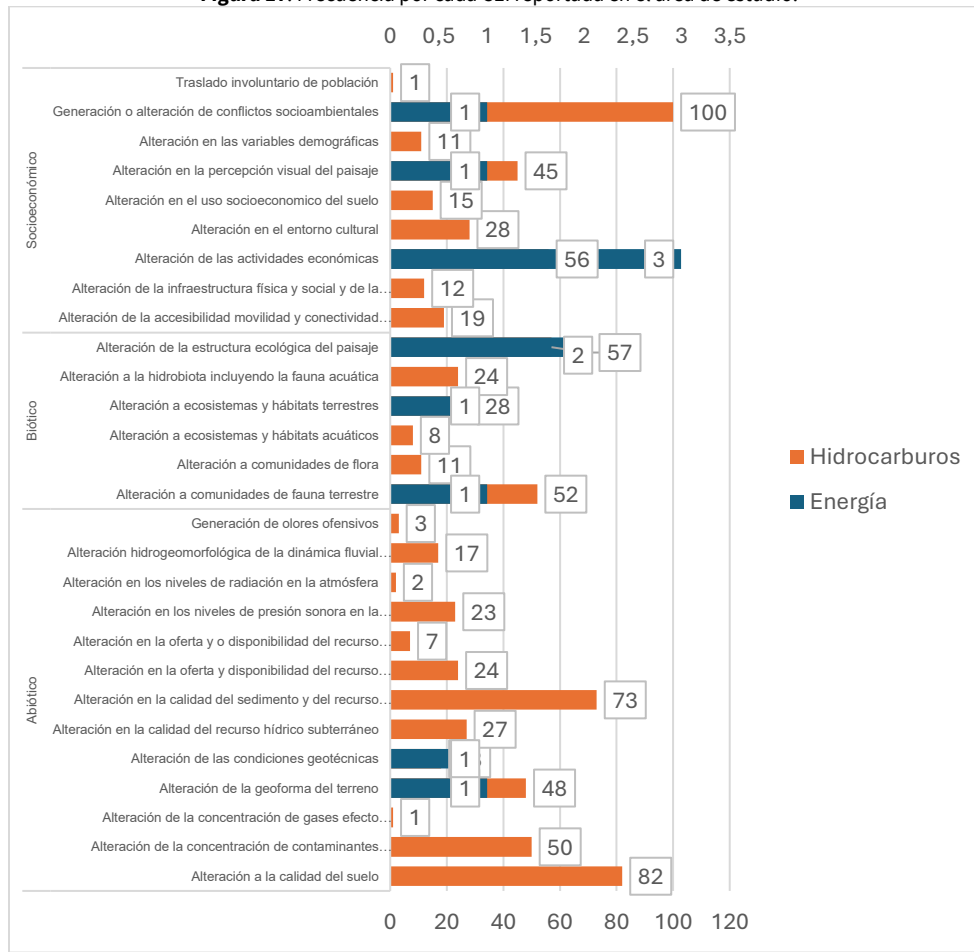
En el medio abiótico se observa una fuerte incidencia en los componentes ambientales suelo e hidrología. La alteración a la calidad del suelo (82) y la alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental (73) son los impactos predominantes. Otras categorías con valores significativos son la concentración de contaminantes en el aire (50), la geofoma del terreno (49) y la calidad del agua subterránea (27). En contraste, categorías como la concentración de gases de efecto invernadero (1), la radiación atmosférica (2) o la generación de olores ofensivos (3) presentan una frecuencia muy baja, indicando que no constituyen una presión dominante en el área de estudio.

El análisis del medio biótico muestra que los impactos más relevantes están asociados a la alteración de la estructura ecológica del paisaje (59) y a las comunidades de fauna terrestre (53). Estos resultados sugieren una presión significativa sobre la conectividad ecológica y la fauna silvestre, posiblemente derivada de procesos de fragmentación, pérdida de hábitat y actividades extractivas. Asimismo, la alteración de ecosistemas y hábitats terrestres (29) y la hidrobiota acuática (24) también son relevantes, evidenciando la afectación tanto a ecosistemas terrestres como acuáticos. Las categorías de menor frecuencia, como flora (11) y ecosistemas acuáticos (8), aunque menos numerosas, siguen representando riesgos específicos en áreas sensibles.

En el medio socioeconómico, el impacto más crítico corresponde a la generación o alteración de conflictos socioambientales (101), lo que lo convierte en la categoría con mayor frecuencia de todo el análisis. Le siguen en importancia la alteración de las actividades económicas (59) y la percepción visual del paisaje (46), ambos vinculados con cambios en la dinámica productiva y en la valoración cultural y estética del territorio. Otros impactos como la alteración en el entorno cultural (28) y en la accesibilidad y conectividad (19) completan el

panorama, mientras que categorías como traslado involuntario de población (1) y variables demográficas (11) son marginales, aunque de alta relevancia cuando se presentan.

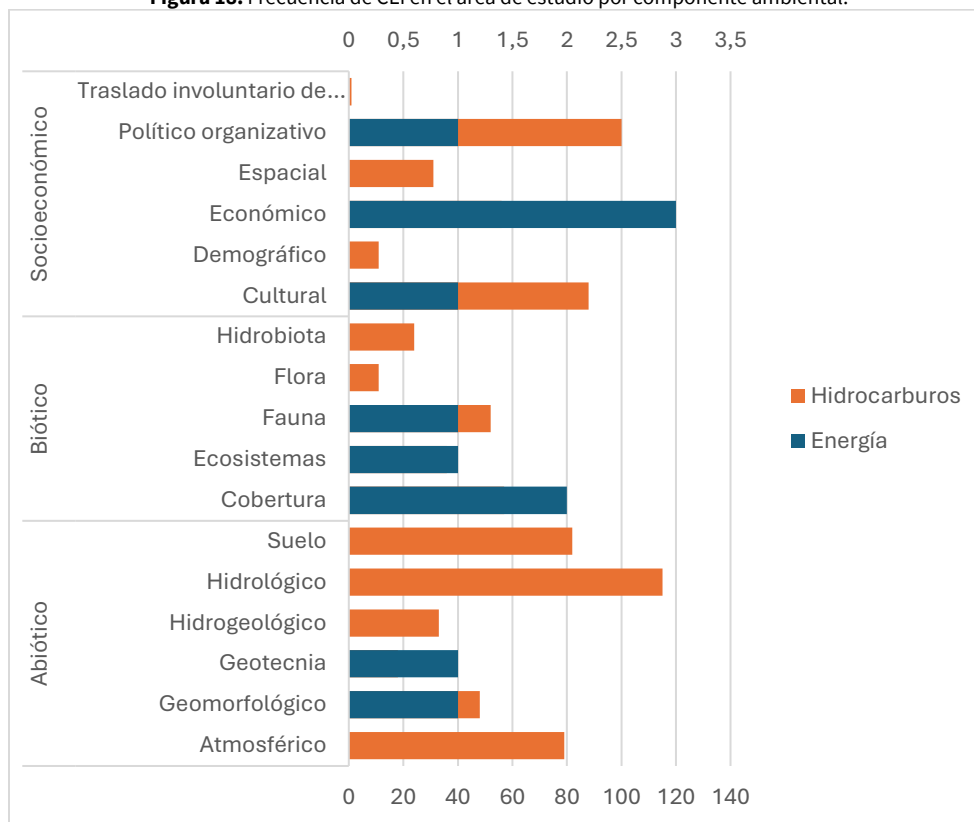
Figura 17. Frecuencia por cada CEI reportada en el área de estudio.



Fuente: ANLA, 2025.

Respecto a componentes ambientales, el hidrológico (115) es el componente que presenta un número mayor de reportes, seguido de suelo (82) y atmosférico (79), lo que podría representar presión sobre el recurso hídrico, los suelos y la calidad del aire. Los impactos en geomorfológico (49), hidrogeológico (33) y geotecnia (19), son los que se presentan con menor frecuencia. En cuanto al medio biótico, los componentes más afectados son la cobertura vegetal (59) y la fauna (53). También destacan ecosistemas (37) e hidrobiota (24), señalando afectaciones tanto terrestres como acuáticas. La flora (11), es el componente que presenta menor número de registros. Por último, en el medio socioeconómico, el medio político-organizativo (101) y el cultural (89) son los de mayor frecuencia, seguido por los componentes económico (59) y el espacial (31). Los impactos que presentan menor frecuencia son el demográfico (11) y el traslado involuntario de población (1).

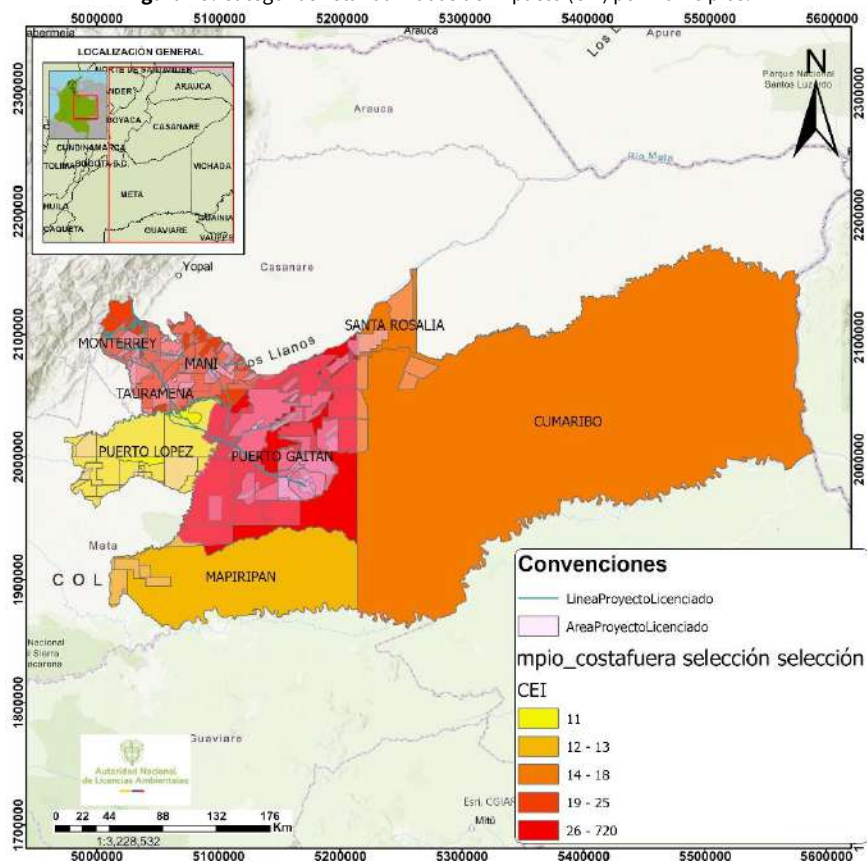
Figura 18. Frecuencia de CEI en el área de estudio por componente ambiental.



Fuente: ANLA 2025

Finalmente, y en cuanto al análisis espacial, se evidencia que el departamento del Meta concentra la mayor carga de impactos (744), con una clara concentración en Puerto Gaitán (720), lo que lo convierte en el principal foco de presión ambiental de la región. En contraste, Casanare (75) distribuye sus registros de manera equitativa entre Maní, Monterrey y Tauramena, mientras que en Vichada (36) la afectación se reparte por igual en Cumaribo y Santa Rosalía. Este patrón demuestra que, aunque existen impactos en varios municipios, la prioridad de gestión y control debe focalizarse en Puerto Gaitán, sin dejar de lado el seguimiento a los territorios con afectaciones menores pero constantes.

Figura 19. Categorías Estandarizadas de Impacto (CEI) por Municipios.



Fuente: ANLA, 2025

## VII. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN

Los instrumentos de planificación territorial hacen referencia a herramientas que permiten la gestión sostenible y coordinada de los recursos naturales por parte de las distintas Autoridades Ambientales en el territorio, que buscan asegurar la preservación, restauración y sostenibilidad de los recursos (ver Tabla 6).

Tabla 6. Instrumentos de planificación en el área de estudio.

Instrumento	Objeto de planificación	Número acto administrativo	Autoridad Ambiental
Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH	Caño Masifleriana	PS-GJ 1.2.6.16.0912 de 26 de Julio de 2016	CORMACARENA
	Caño Rubiales		
	Río Tillavá		
Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS	Río Iteviare - SZH	nan	
	Caño Chupabe - SZH	nan	
	Alto Río Uvá - SZH	nan	
	Bajo Río Uvá - SZH	nan	
	Alto Río Tomo - SZH	nan	
	Río Manacacias - SZH	nan	
	Directos al Río Meta entre ríos Cusiana y Carare (md) - SZH	nan	
	Directos Vichada Medio - SZH	nan	
	Río Alto Vichada - NSS	nan	
	Río Guarrojo - SZH	nan	
Río Tillava - NSS	Resolución PS-GJ 1.2.6.19 - 0141 de 2019	CORMACARENA	

Instrumento	Objeto de planificación	Número acto administrativo	Autoridad Ambiental
	Río Planas - NSS	nan	
	Río Muco - SZH	nan	
Objetivos de Calidad	El área de estudio no cuenta con Objetivos de calidad.		
Planes de ordenación forestal - PGOF	No Especifica	NaT	CORPORINOQUIA
	Adoptado	Resolución 2584.02015-12-30	CORMACARENA

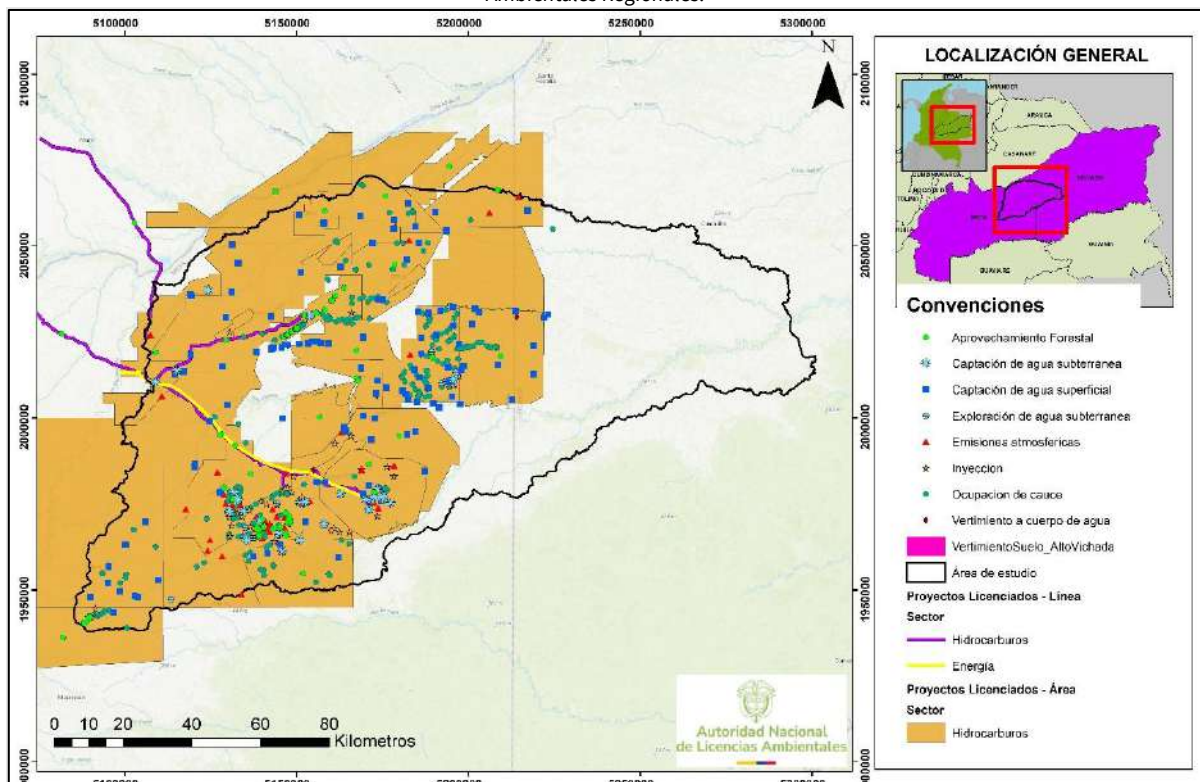
Nan: No aplica ninguna

Fuente: ANLA, 2025.

## VIII. DEMANDA DE RECURSOS NATURALES - PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES.

En la Figura 20 se presenta la distribución espacial de los permisos de uso y/o aprovechamiento de recursos naturales otorgados por la ANLA y MADS. Con la finalidad de verificar el detalle de la ubicación de estos permisos, puede visitar el Geovisor de la entidad, en donde encontrará la información cartográfica generada en el marco del presente Reporte de Análisis Regional, con corte a septiembre del 2025.

**Figura 20.** Permisos de uso y aprovechamiento de recursos naturales en el área de estudio otorgados por la ANLA y las Autoridades Ambientales Regionales.



**Nota:** La ubicación de los permisos de aprovechamiento forestal, y de algunos otros sin coordenadas definidas, se relacionan con el centroide del área proyecto

Fuente: ANLA, 2025.



## A. CANTIDAD DE PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO – ANLA Y AUTORIDADES AMBIENTALES REGIONALES

En la siguiente tabla se presenta la relación de los diferentes permisos de uso y aprovechamiento de los recursos naturales otorgados a cada uno de los expedientes licenciados. Es importante indicar que, a corte del mes de septiembre del año 2025, de los 2686 permisos identificados para proyectos licenciados, todos han sido otorgados por la MADS/ANLA.

**Tabla 7.** Cantidad de permisos de uso y aprovechamiento de recursos naturales en el área de estudio otorgados por la ANLA y las Autoridades Ambientales Regionales.

SECTOR	EXPEDIENTE	PERMISOS							
		Captación de agua superficial	Exploración y/o Concesión de agua subterránea	Vertimiento o al suelo	Actividad de inyección	Ocupación de cauce	Vertimientos a cuerpo de agua	Aprovechamiento o forestal	Emisiones atmosféricas
Hidrocarburos	LAM0019	3	8	32	41	9	6	5	1
	LAM2965	3	---	9	---	---	1	1	1
	LAM2997	6	2	---	---	---	2	4	1
	LAM3293	---	---	---	---	---	---	2	---
	LAM3338	1	---	---	---	---	---	1	---
	LAM3340	5	---	1	---	1	---	3	1
	LAM3524	2	---	1	---	---	---	1	---
	LAM3547	2	---	---	---	---	1	---	---
	LAM3605	1	---	---	---	---	1	---	---
	LAM3678	3	---	2	---	---	---	---	1
	LAM3969	1	---	---	---	---	---	---	---
	LAM4008	---	---	---	---	---	---	4	---
	LAM4221	---	2	11	6	46	1	1484	1
	LAM4352	5	2	1	---	2	---	1	---
	LAM4503	2	---	2	---	---	---	1	---
	LAM4649	7	7	---	1	5	4	3	0
	LAM4795	4	6	23	37	4	---	8	---
	LAM4973	3	---	1	---	13	1	4	---
	LAM5088	3	---	1	---	2	---	3	---
	LAM5089	8	---	---	---	6	2	0	---
	LAM5124	4	---	---	---	4	1	1	---
	LAM5170	10	---	---	---	---	---	---	---
	LAM5172	2	---	3	---	---	---	1	---
	LAM5175	---	---	---	1	---	---	2	---
	LAM5225	---	---	---	---	---	---	2	---
	LAM5281	3	2	---	---	3	---	6	---
LAM5297	8	2	1	---	24	---	8	---	



	LAM5475	4	---	---	---	---	---	---	---
	LAM5506	1	1	---	2	16	---	242	1
	LAM5995	---	10	---	14	50	---	120	1
	LAV0006-12	20	1	1	3	68	---	3	1
	LAV0011-14	1	---	1	1	---	---	---	---
	LAV0012-00-2018	2	3	---	---	27	---	2	1
	LAV0033-00-2015	6	---	---	---	2	---	1	---
	LAV0037-00-2015	3	---	---	---	---	---	---	---
	LAV0084-13	3	3	---	3	17	---	5	---
	LAV0090-00-2014	20	---	1	---	19	1	4	---
Energía	LAM4978	---	---	---	---	---	1	2	---
	MADS	29	3	58	54	12	2	14	5
	ANLA	117	46	33	55	306	20	1910	5
	<b>TOTAL</b>	<b>146</b>	<b>49</b>	<b>91</b>	<b>109</b>	<b>318</b>	<b>22</b>	<b>1924</b>	<b>10</b>

Fuente: ANLA, 2025.

La autorización de los permisos de uso y aprovechamiento de los recursos naturales tiene como consecuencia diferentes impactos potenciales de acuerdo con el tipo de permiso otorgado. Por ello, la Tabla 8 presenta las categorías estandarizadas de impacto (CEI) relacionadas con cada uno de los expedientes licenciados que cuentan con permisos dentro del área de estudio. Es importante señalar que, para todos los expedientes del presente reporte, y que incluso fueron licenciados antes del año 2023, se realizó la revisión y homologación de cada categoría estandarizada de impacto basada en la metodología determinada en el Instrumento Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales del año 2023 de la ANLA, el cual puede ser visualizado a través del siguiente enlace: [https://www.anla.gov.co/01\\_anla/institucional-interno/gestion-del-conocimiento-y-la-innovacion/analitica-de-datos/tablero-control-jerarquizacion-de-impacto](https://www.anla.gov.co/01_anla/institucional-interno/gestion-del-conocimiento-y-la-innovacion/analitica-de-datos/tablero-control-jerarquizacion-de-impacto)



Tabla 8. Impactos asociados a los permisos y usos de los recursos naturales otorgados por expediente.

EXPEDIENTE - CATEGORÍA ESTANDARIZADA DE IMPACTO	Alteración a comunidades de fauna terrestre	Alteración a comunidades de flora	Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres	Alteración de la estructura ecológica del paisaje	Alteración a ecosistemas y hábitats acuáticos	Alteración a la hidrobiota incluyendo la fauna acuática	Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico superficial	Alteración en los niveles de presión sonora en el agua	Alteración de la geomorfología del terreno	Alteración de las condiciones geotécnicas	Alteración a la calidad del suelo	Alteración de las condiciones geológicas	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	Alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo	Alteración a las variables meteorológicas propiedades físicas del aire y/o parámetros superficiales	Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire	Alteración de la concentración de gases de efecto invernadero y/o contaminantes climáticos de vida corta	Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera	Generación de olores ofensivos	Generación de vibraciones en la atmósfera	Alteración en los niveles de radiación en la atmósfera	Alteración de la capa de ozono estratosférico
LAM0019	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
LAM2965	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●
LAM2997	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3293	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3338	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3340	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3524	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3547	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3605	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3678	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM3969	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4008	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4221	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4352	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4503	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4649	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4795	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4973	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5088	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5089	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5124	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5170	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5172	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5175	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5225	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5281	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5297	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5475	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5506	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM5995	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0005-12	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0011-14	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0012-00-2018	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0033-00-2015	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0037-00-2015	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0084-13	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAV0090-00-2014	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
LAM4978	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Fuente: ANLA, 2025.



De acuerdo con la categorización de impactos que se expone en la Tabla 8, se observa que los expedientes LAM0019 y LAM4221 presentan la mayor cantidad de impactos potenciales en función de los permisos de uso y aprovechamiento de los recursos naturales autorizados en el área de estudio, siendo estos 24 y 22, respectivamente. De igual forma, se resalta que una alta cantidad de impactos potenciales se encuentran asociados con los permisos de aprovechamiento forestal con más de 77 mil m<sup>3</sup> autorizados, implicando la alteración a comunidades de flora y fauna terrestre y la alteración a ecosistemas y paisajes. Asimismo, se destacan los impactos potenciales asociados a los permisos de captación de agua superficial que registran un caudal autorizado de más de 600 l/s, conllevando a la alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico superficial, y también a la alteración en los niveles de presión sonora en el agua. Finalmente, vale la pena mencionar que el aprovechamiento forestal representa la mayor cantidad de los permisos, seguido de las ocupaciones de cauce, que se relacionan con la potencial alteración hidro geomorfológica de la dinámica fluvial lacustre y/o del régimen sedimentológico, alteración de la geoforma del terreno, y alteración de las condiciones geotécnicas

## **B. ANEXO PERMISOS DE USO Y APROVECHAMIENTO**

El anexo [Permisos de Uso y Aprovechamiento de Recursos Naturales - Alto Vichada, Muco y Guarrojo](#) presenta archivos de Excel por componente/medio, en los cuales se detalla cada uno de los permisos, indicando expediente, proyecto, número de acto administrativo, estado, volúmenes autorizados y la autoridad ambiental que los otorga, así como demás especificidades propias de cada uno de los permisos.

# **IX. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA CON ENFOQUE TERRITORIAL Y DE DERECHOS HUMANOS**

Este capítulo se desarrolla con base en un enfoque de derechos humanos, reconociendo la interdependencia entre los derechos sociales, culturales, ambientales y colectivos. Se acoge como marco de referencia LA ESTRATEGIA PARA LA INCORPORACIÓN DEL ENFOQUE DE DERECHOS HUMANOS EN EL LICENCIAMIENTO AMBIENTAL, la cual promueve la prevención de impactos, la participación incidente, el fortalecimiento institucional y el reconocimiento de los actores étnicos y sociales del territorio. La caracterización incorpora además un enfoque diferencial e intercultural, en cumplimiento de los estándares constitucionales e internacionales (como el Acuerdo de Escazú, el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la jurisprudencia de la Corte Constitucional), lo que permite una mejor comprensión de las condiciones de vida, los posibles derechos en riesgo, apoyar la evaluación de impactos acumulativos, orientar acciones de prevención de conflictos socioambientales y fortalecer los principios de justicia ambiental y participación incidente.

## **A. DELIMITACIÓN TERRITORIAL**

El área se localiza en la región de la Orinoquía colombiana, entre los departamentos de Meta y Vichada, en jurisdicción de los municipios de Puerto Gaitán (72,3%) y Cumaribo (27,6%), con una extensión superior a 1,6 millones de hectáreas. Corresponde a un territorio de sabanas naturales, bosques de galería y cuerpos de agua intermitentes y permanentes. La región está caracterizada por baja densidad poblacional, presencia de comunidades indígenas (resguardos legalmente constituidos) y actividades económicas asociadas principalmente al sector de hidrocarburos, ganadería extensiva y aprovechamiento forestal.

## **B. COMPOSICIÓN DEMOGRÁFICA Y ÉTNICA**

Los municipios de Puerto Gaitán (Meta) y Cumaribo (Vichada) presentan características poblacionales muy distintas que reflejan realidades sociales y culturales diversas. En Puerto Gaitán, viven más de 46 mil personas,

con una distribución casi equilibrada entre lo rural y lo urbano, y una población étnica que representa cerca del 33%, donde predominan comunidades indígenas. Aunque hay presencia de otros grupos étnicos (afrocolombianos, palenqueros, raizales), su proporción es baja. En contraste, el municipio de Cumaribo se destaca por ser uno de los más extensos del país, con más de 87 mil habitantes, de los cuales el 96% vive en zonas rurales; aproximadamente 9 de cada 10 personas son indígenas, lo que hace de este territorio uno de los más diversos y culturalmente significativos del país (ver Tabla 9).

**Tabla 9.** Demografía y población del área regionalizada

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	POBLACIÓN EN 2024	POBLACIÓN DESAGREGADA POR SEXO		POBLACIÓN DESAGREGADA POR ÁREA	
			HOMBRES	MUJERES	RURAL	URBANA
Meta	Puerto Gaitán	46.127	24.548	21.579	23.424	22.703
Vichada	Cumaribo	87.018	45.573	41.445	83.925	3.093

Fuente: Sistema de Estadísticas Territoriales (TerriData), Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2025.

Fuente: ANLA, 2025.

En cuanto a la presencia de territorios legalmente constituidos a comunidades étnicas (ver Figura 21) en el municipio de Puerto Gaitán, se registra una amplia presencia territorial y organizativa de comunidades étnicas, conformada por once (11) resguardos indígenas (ver Tabla 10), cinco (5) cabildos, dos (2) parcialidades y un (1) asentamiento urbano (ver Tabla 11). Todas estas estructuras cuentan con autoridades tradicionales debidamente posesionadas ante la Alcaldía Municipal y con censos poblacionales registrados en la Subsecretaría de Grupos Étnicos. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el 31,2% de la población total se autorreconoce como indígena; no obstante, de acuerdo con los autocensos aportados por los gobernadores indígenas, la población alcanza aproximadamente los 19.450 habitantes.

En cuanto a los procesos organizativos, diez (10) resguardos han formulado sus Planes de Vida, aunque varios de estos requieren actualización. Entre los principales desafíos identificados se encuentra el acceso efectivo a los servicios de salud, ya que la ubicación dispersa y distante de los territorios indígenas frente a las zonas urbanas donde se concentran las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) limita la atención oportuna. Esta condición no solo afecta la prestación directa de servicios, sino que también dificulta la orientación en trámites y procesos administrativos, especialmente en aquellos casos que requieren gestión en entornos urbanos con infraestructura adecuada.

**Tabla 10.** Resguardos Indígenas en el municipio de Puerto Gaitán

N°	RESGUARDO	ÉTNIA	NÚMERO DE HABITANTES
1.	Resguardo Indígena Sikuaní de Awaliba	Sikuaní	652
2.	Resguardo Indígena Salivas y Piapocos de Corozal y Tapaojo	Piapoco Saliva	916
3.	Resguardo Indígena Sikuaní de Domo Planas	Sikuaní	2.483
4.	Resguardo Indígena El Tigre	Guahibo	1.859
5.	Resguardo Indígena Guahibo de Alto Unuma	Guahibo Piapoco	2.235
6.	Resguardo Indígena Sikuaní De Iwiwi	Sikuaní	292
7.	Resguardo Indígena Guahibo de Wacoyo de los Caseríos de Corocito, Yopalito y Gualabo	Guahibo	1.677
8.	Resguardo Indígena Sikuaní de Waliani	Guahibo	289
9.	Resguardo Indígena Vencedor, Piriri, Guamito, Matanegra, Siniquiba, Sisiba, Lindatan, Chaparral y Remanso	Sikuaní	1.200
10.	Resguardo Indígena Florida Kawinanae	Sikuaní y Piapoco	S.I
11.	Resguardo Indígena Ancestral y Sitios Sagrados del Asentamiento Indígena Porvenir Meta - Aseinpome	Kubeo/Sikuaní	S.I
<b>TOTAL APROXIMADO</b>			<b>11.603</b>

Fuente: Plan de Desarrollo para el municipio de Puerto Gaitán: Juntos lo hacemos posible 2024-2027 y Datos Abiertos Colombia-Resguardos Indígenas a Nivel Nacional, 2020  
Elaborado: ANLA, 2025.

**Tabla 11.** Otras formas organizativas en el municipio de Puerto Gaitán

N°	CATEGORÍA	NOMBRE(S)
1.	Cabildos indígenas (5)	Tsamanivi, Liwinai, Koiwis Jiw, San Rafael de Warrojo, Tsabilonia
2.	Parcialidades (2)	Sisapiatu, Campana
3.	Asentamiento urbano (1)	Akasinanae

Por otro lado, en el municipio de Cumaribo habitan diez etnias: Sikuaní, Piapoco, Piaroa, Kiwhuas, Piratapuya, Curripaco, Puinave, Cuivas, Kubeos y Mapayeri que representan una amplia diversidad de tradiciones y

costumbres ancestrales (ver Tabla 12). Estas comunidades se encuentran distribuidas principalmente en tres figuras territoriales:

- 1) el Resguardo Unificado Selva de Matavén, considerado el cuarto más extenso del país, con una superficie de 1.849.613 hectáreas, subdividido en 17 sectores, y que dio origen a la Asociación de Cabildos y Autoridades Tradicionales Indígenas de la Selva de Matavén (ACATISEMA);
- 2) 24 resguardos indígenas adicionales correspondientes a diversas etnias;
- 3) y 7 asentamientos indígenas reconocidos a nivel municipal (ver Tabla 13).

**Tabla 12.** Resguardos indígenas en el Municipio de Cumaribo

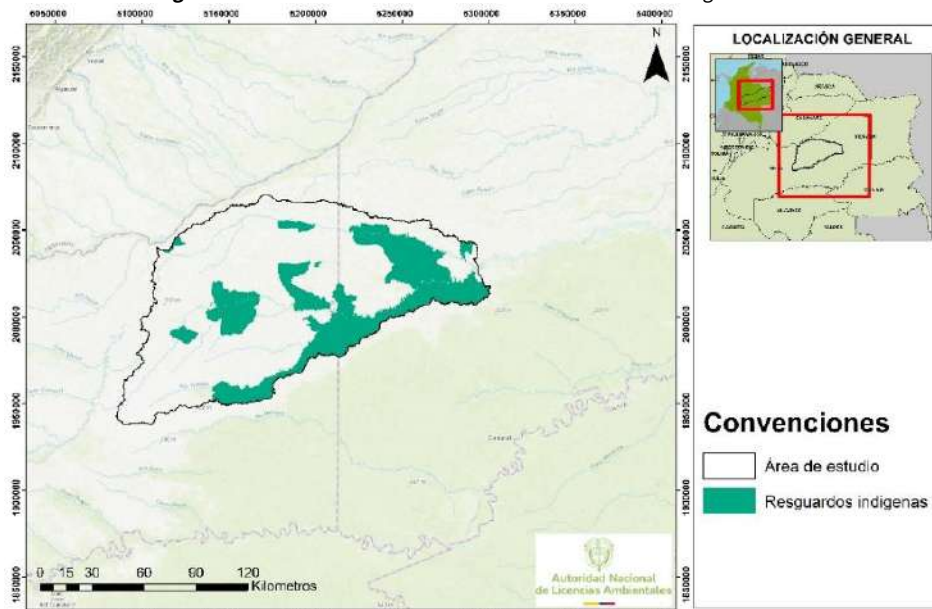
N°	RESGUARDO	SECTOR	ETNIA	NÚMERO DE HABITANTES
1.	Selva De Mataven - Zona 1	Caño Caranesi	Sikuani Piapoco	3.211
2.	Selva De Mataven - Zona 1	Akwakuna Tsapajibo		3.300
3.	Selva De Mataven - Zona 2	Bajo Río Vichada Uno	Sikuani	1.152
4.	Selva De Mataven - Zona 2	Bajo Río Vichada Uno		4.127
5.	Selva De Mataven - Zona 2	Altamira Purnave	Sikuani, Piapoco	952
6.	Selva De Mataven - Zona 3	Caño Zarna		380
7.	Selva De Mataven - Zona 3	Mataven Fruta	Piaroa	580
8.	Selva De Mataven - Zona 3	Berrocal Ayata		901
9.	Selva De Mataven - Zona 3	Laguna Negra Y Cacao	Puinabe	301
10.	Selva De Mataven - Zona 3	Laguna Colorado	Sikuani Piapoco	1.192
11.	Selva De Mataven - Zona 4	Jupur Anguila II		821
12.	Selva De Mataven - Zona 4	Laguna Anguila La Sabana	Sikuani	688
13.	Selva De Mataven - Zona 4	Laguna Segis San Benito		190
14.	Selva De Mataven - Zona 5	Morocoto Buenavista		730
15.	Selva De Mataven - Zona 5	Cumaral	Piapoco, Piaroa	38
16.	Selva De Mataven - Zona 5	Yuri		32
17.	Selva De Mataven - Zona 5	Giro	Piapoco	36
18.	Santa Teresita del Tuparro		Sikuani, Piapoco, Piratapuyo	216
19.	Alto Unuma Vichada		Sikuani	3.528
20.	Saracure Rio Cada		Piapoco	55
21.	Cholobolo Matatu		Sikuani	53
22.	Muco Mayoragua			195
23.	Rios Muco Y Guarrojo		Sikuani Piapoco	634
24.	Kawaneruba		Sikuani Piapoco	63
25.	Merey La Veradita			833
26.	Guacamayas Mamiyare			686
27.	Rio Tomo Y Beveri			148
28.	Punta Bandera			142
29.	La Esmeralda	N/A	Sikuani	5
30.	Valdivia			825
31.	San Luis Del Tomo			47
32.	Egua Guaracacias			731
33.	Awia Tuparro			135
34.	Nakuenadero Tuparro Chocón		Mapayerri	1.061
35.	Guaco Bajo Y Guaco Alto		Sikuani	174
36.	Guaco Bajo Y Guaco Alto		Piapoco	1.061
37.	Rio Siare Barranco Lindo		Sikuani	174
38.	Cali Barranquilla			186
39.	Flores Sombrero		Piapoco	0
40.	Concordia			268
41.	Carpintero Palomas		Sikuani Piapoco	4
<b>TOTAL APROXIMADO</b>				<b>29.741</b>

**Fuente:** Plan de Desarrollo para el municipio de Cumaribo: Construyendo Paz y Progreso 2024-2027 y Datos Abiertos Colombia-Resguardos Indígenas a Nivel Nacional, 2020.  
Elaborado: ANLA, 2025.

**Tabla 13.** Parcialidades indígenas en el Municipio de Cumaribo

N°	PARCIALIDAD	ETNIA	NÚMERO DE HABITANTES
1.	Metiva Guacamayas	Sikuani	140
2.	Kichwa	Kichwa	51
3.	Aliwa Cupepe		454
4.	Yamojoli Pawinae	Sikuani	128
5.	Los Mangos	Sikuani Piapoco	117
6.	Panipaniba Siripae		164
7.	Wirisilibo Araitá La Carpa	Sikuani	59
<b>TOTAL APROXIMADO</b>			<b>1.113</b>

Figura 21. Ubicación de las comunidades Étnicas en el área regionalizada.



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de la Agencia Nacional de Tierras (ANT), Comunidades Étnicas (2023).  
Elaborado: ANLA, 2025.

### C. ECONOMÍA LOCAL Y MEDIOS DE VIDA

La economía local y los medios de vida en los municipios de Puerto Gaitán y Cumaribo se caracterizan por una fuerte vinculación con actividades primarias y el aprovechamiento directo de los recursos naturales, en un contexto donde convergen dinámicas productivas orientadas tanto al mercado como al autoconsumo.

En Puerto Gaitán, la actividad hidrocarburífera constituye el eje económico principal, aportando el 25,34 % de la producción nacional de crudo (Alcaldía de Puerto Gaitán, 2024). Esta dinámica ha impulsado el crecimiento de sectores urbanos como el comercio y los servicios, mientras que en las áreas rurales persisten la ganadería extensiva y la agricultura de pequeña escala, con limitadas condiciones de integración a cadenas productivas. Las comunidades ribereñas desarrollan pesca artesanal y de subsistencia en los ríos Meta, Manacacías, Yucao y Planas, reconocidos por su relevancia en la seguridad alimentaria y la pesca ornamental (Guevara, 2021). De manera complementaria, la caza menor y la recolección de frutos silvestres se realizan en bosques de galería, morichales y mosaicos de sabana y selva, evidenciando la estrecha relación entre los ecosistemas y los medios de vida locales principalmente por parte de las comunidades étnicas (Cuadrado, 2017).

En el municipio de Cumaribo, la diversidad de ecosistemas, la presencia mayoritaria de resguardos indígenas configura un sistema económico basado principalmente en actividades agropecuarias que reflejan la diversidad ambiental y cultural del territorio. Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA (2023), los sistemas productivos predominantes combinan agricultura, ganadería y aprovechamiento de recursos naturales, articulados con prácticas tradicionales de subsistencia desarrolladas por comunidades indígenas y campesinas. Entre los cultivos más representativos se destacan la yuca, el plátano, el maíz, el arroz, el cacao, la palma africana y diversos frutales y hortalizas, los cuales se desarrollan en sistemas de producción mixtos y en unidades familiares como las chagras y conucos donde se conservan especies nativas de consumo básico. La ganadería extensiva se consolida como una de las principales actividades económicas del municipio, mientras que el potencial forestal y los productos derivados del bosque ofrecen oportunidades complementarias para la diversificación productiva. De esta manera, el territorio de Cumaribo presenta una

vocación agropecuaria amplia, con posibilidades de fortalecimiento en cadenas como cacao, palma y ganadería sostenible (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-UPRA, 2023).

Lo anteriormente expuesto permite reconocer que los medios de vida en Puerto Gaitán y Cumaribo combinan actividades económicas extractivas, agropecuarias y tradicionales, con una alta dependencia del territorio y de los ecosistemas. En ambos municipios, las prácticas productivas se encuentran estrechamente vinculadas a la garantía de derechos humanos fundamentales como la soberanía alimentaria, el trabajo digno, la participación, la conservación ambiental y la protección de la cultura. La Figura 22 sintetiza estas dinámicas, mostrando la relación entre economía local, medios de vida y los derechos:

**Figura 22.** Economía local y medios de vida bajo y su relación con los Derechos Humanos (D.D.H.H)



**Fuente:** Plan de Desarrollo para el municipio de Puerto Gaitán: Juntos lo hacemos posible 2024-2027; Plan de Desarrollo para el municipio de Cumaribo: Construyendo Paz y Progreso 2024-2027.  
Elaborado: ANLA, 2025.

## D. CONDICIONES DE VIDA Y ACCESO A DERECHOS

El área regionalizada enfrenta importantes desafíos en materia de condiciones de vida y acceso efectivo a derechos fundamentales, especialmente en las poblaciones rurales y étnicas, donde persisten barreras estructurales para acceder a servicios de salud, educación, agua potable, saneamiento básico y conectividad. En Puerto Gaitán, aunque los núcleos urbanos cuentan con infraestructura más consolidada, las zonas rurales donde se concentra gran parte de las comunidades indígenas presentan deficiencias en la prestación de servicios públicos, altos índices de analfabetismo y viviendas en condiciones precarias. En Cumaribo, la situación es aún más crítica: más del 90 % de la población vive en condiciones de pobreza multidimensional, con acceso limitado o inexistente a servicios básicos, baja cobertura educativa y serias dificultades para acceder a servicios de salud, especialmente en la población infantil indígena.

En este contexto, la siguiente tabla (ver Tabla 14) presenta una caracterización comparativa de las condiciones de vida y el acceso a derechos en ambos municipios, considerando dimensiones como vivienda, servicios

básicos, salud, educación, alimentación, derechos colectivos y participación, bienestar socioeconómico y enfoque diferencial. Su propósito es ofrecer una visión integral que evidencie las particularidades y brechas entre los territorios, así como los factores que condicionan el ejercicio efectivo de los derechos humanos:

**Tabla 14.** Condiciones de vida y acceso a Derechos Fundamentales

DIMENSIÓN	VARIABLES CLAVE	PUERTO GAITÁN	CUMARIBO
Vivienda y hábitat	Tipología, materiales, hacinamiento, tenencia, energía	Las viviendas en la zona urbana son en su mayoría de material, mientras que en el área rural predominan construcciones en madera y materiales provisionales, con alta dispersión poblacional. La cobertura de energía eléctrica es completa en la cabecera municipal y parcial en las zonas rurales, donde algunas comunidades dependen de plantas eléctricas y paneles solares para su abastecimiento.	En las zonas urbanas predominan viviendas construidas con materiales permanentes, mientras que en los resguardos indígenas y áreas rurales son más comunes las edificaciones en madera, palma y bahareque. La cobertura de energía eléctrica en el sector rural es limitada, lo que ha llevado a la utilización de sistemas alternativos de abastecimiento. A esto se suma una alta dispersión poblacional, que dificulta el acceso a servicios básicos y la consolidación de infraestructura.
Servicios básicos e infraestructura	Acueducto, alcantarillado, agua potable, residuos, vías, transporte, conectividad digital	La zona urbana cuenta con cobertura de acueducto y alcantarillado, mientras que en el área rural el abastecimiento de agua proviene principalmente de pozos, ríos o lluvias. La recolección de residuos sólidos se realiza en la cabecera municipal, sin cobertura en la mayoría de las veredas. Si bien las vías principales presentan condiciones favorables de transitabilidad, el acceso a las veredas es limitado y en muchos casos deficiente. En cuanto a conectividad, la cobertura de internet y telefonía es significativamente mayor en la zona urbana frente a la rural.	La cobertura de acueducto y alcantarillado en las áreas rurales es limitada, predominando el abastecimiento de agua a través de fuentes naturales como ríos, quebradas y pozos. La disposición de residuos sólidos presenta deficiencias en estas zonas, lo que genera impactos ambientales y sanitarios. La infraestructura vial se caracteriza por vías de acceso no pavimentadas, mientras que el transporte fluvial cumple un papel relevante para la movilidad de la población. La cobertura de internet y telefonía móvil es muy baja en las áreas rurales dispersas, lo que limita la conectividad y el acceso a información y servicios.
Acceso a salud	Cobertura, infraestructura, personal, principales problemáticas, medicina tradicional	El municipio cuenta con un hospital de nivel básico en la cabecera y puestos de salud en los corregimientos, lo que garantiza cobertura principalmente en la zona urbana. En contraste, el acceso a servicios de salud en las áreas rurales es limitado y enfrenta barreras de distancia y disponibilidad. Entre las principales problemáticas de salud se destacan la prevalencia de enfermedades tropicales, la desnutrición infantil y las enfermedades gastrointestinales. En las comunidades indígenas se mantiene el uso de la medicina tradicional como práctica complementaria en el cuidado de la salud.	El municipio dispone de un hospital de nivel básico y de algunos puestos de salud dispersos, cuya cobertura resulta insuficiente para atender de manera adecuada a la población rural, la cual debe realizar largos traslados para acceder a servicios médicos. Entre las principales problemáticas de salud se identifican la malaria, las enfermedades respiratorias, la desnutrición y la mortalidad materna. En las comunidades indígenas, la medicina tradicional y el acompañamiento de curanderos constituyen una práctica ampliamente utilizada y reconocida.
Acceso a educación	Cobertura, infraestructura, permanencia, brechas urbano-rurales	El municipio cuenta con instituciones educativas en la cabecera y en los principales corregimientos, con una oferta que llega hasta el nivel de educación media. Sin embargo, persisten brechas significativas en el acceso y la permanencia escolar en las zonas rurales e indígenas, donde la dispersión poblacional y las limitaciones en infraestructura y conectividad dificultan la continuidad educativa.	El municipio dispone de instituciones educativas en la cabecera y en los corregimientos, mientras que en el área rural predominan las sedes con aulas multigrado. En las comunidades indígenas se presenta una alta deserción escolar, asociada principalmente a las grandes distancias entre los territorios y los centros educativos, así como a dinámicas culturales propias que inciden en la permanencia estudiantil.
Alimentación	Seguridad alimentaria, desnutrición, abastecimiento	La producción local se orienta principalmente al cultivo de pancoger, complementada con abastecimiento externo para cubrir la demanda. En las zonas rurales persiste una alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, especialmente en comunidades dispersas e indígenas. En el ámbito escolar se desarrollan programas de apoyo a la alimentación, que contribuyen a mitigar parcialmente estas limitaciones.	La producción local es diversificada, con cultivos de yuca, plátano, maíz y frutales como base alimentaria. No obstante, en las zonas más aisladas persiste la inseguridad alimentaria. Las prácticas tradicionales de caza, pesca y recolección constituyen un complemento fundamental en la dieta de las comunidades rurales e indígenas.
Derechos colectivos y participación	Ambiente sano, consulta previa, participación ciudadana	Las comunidades indígenas han participado en procesos de consulta previa asociados a proyectos extractivos, así como en planes de desarrollo municipal y en espacios de concertación como mesas temáticas. Sin embargo, persisten conflictos socioambientales vinculados principalmente a la actividad hidrocarbúrfica en el territorio.	En los resguardos indígenas se registra una alta presencia de procesos de consulta previa, con participación activa a través de cabildos y asociaciones representativas. No obstante, se presentan conflictos relacionados con el uso de los recursos naturales y el acceso a los territorios tradicionales.
Bienestar socioeconómico	Empleo, ingresos, pobreza monetaria y multidimensional	La economía urbana se encuentra estrechamente vinculada al sector de hidrocarburos y a la prestación de servicios, mientras que en el área rural predomina la ganadería extensiva y la agricultura. Esta dualidad productiva refleja marcadas brechas de ingresos entre las poblaciones urbanas y rurales.	La economía es mayoritariamente rural y se sustenta en la agricultura, la ganadería, la pesca y las artesanías, con una marcada dependencia del autoconsumo. Estas condiciones se relacionan con elevados niveles de pobreza multidimensional en la población.
Enfoque diferencial	Mujeres, niños, jóvenes, adultos mayores, discapacidad, comunidades étnicas	En el territorio coexisten comunidades indígenas, afrodescendientes y campesinas, que aportan a la diversidad cultural y social del municipio. Sin embargo, persisten brechas de género en el acceso al empleo y en los espacios de participación, así como vulnerabilidades que afectan especialmente a niños y jóvenes en áreas rurales.	La población es mayoritariamente indígena, con cosmovisiones y formas propias de organización. Se evidencian brechas en el acceso a derechos, especialmente para mujeres y niños indígenas. La subsistencia depende en gran medida del territorio y de los recursos naturales.

**Fuente:** Plan de Desarrollo para el municipio de Puerto Gaitán: Juntos lo hacemos posible 2024-2027; Plan de Desarrollo para el municipio de Cumaribo: Construyendo Paz y Progreso 2024-2027.

Elaborado: con base en información oficial consultada (PDM), ANLA, 2025.

## A. PARTICIPACIÓN Y GOBERNANZA TERRITORIAL

En el área regionalizada la participación y la gobernanza territorial, se configuran a partir de una diversidad de actores étnicos y comunitarios que desempeñan un papel clave en la representación, gestión y defensa de los intereses colectivos. Estos actores, que incluyen cabildos, resguardos, juntas de acción comunal, asociaciones productivas, consejos de juventud, grupos de mujeres,

organizaciones de pescadores y colectivos culturales, constituyen los canales principales para la interlocución con las autoridades municipales, departamentales y nacionales. Su acción está directamente vinculada al ejercicio y garantía de derechos fundamentales como el derecho a la participación ciudadana, el derecho a la consulta previa, el derecho a la organización, el derecho a la autodeterminación de los pueblos, el acceso equitativo a los recursos naturales y el derecho a un ambiente sano. Su presencia refleja la riqueza organizativa y cultural de la región, al tiempo que evidencia la necesidad de fortalecer sus capacidades para incidir en procesos de planificación, consulta previa, manejo de recursos y seguimiento de proyectos. En las siguientes tablas (ver Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17 y Tabla 18), se describen y clasifican los actores étnicos y comunitarios identificados en cada municipio:

**Tabla 15. Actores Comunitarios-Puerto Gaitán**

N°	TIPO	DESCRIPCIÓN
1.	Juntas de acción comunal veredas área rural	Puerto Triunfo; Rubiales; Santa Helena Asentamiento Humano Cuernavaca Tillavá; Los Kioskos; Las Cristalina y Planas.
2.	ASOJUNTAS	Asocia las JAC de la zona urbana y rural.
3.	Veedurías	Veeduría Ciudadana Ambiental por el Control Social; Veeduría Ciudadanía de Puerto Gaitán; Veeduría por la Infraestructura Social; Veeduría Ciudadana Proyecto de Pavimentación.
4.	Gremios	Asociación trabajadores; Transportadores; Metalmeccánicos; Hoteleros; Otros Gremios (CAMEP_CorpoGremial_Construc.)
5.	Organizaciones Sociales	Corporación Cultural Cimarrón y Soga; ASOFUCOL; ONG Verde.

**Tabla 16. Actores Étnicos-Puerto Gaitán**

N°	TIPO	DESCRIPCIÓN
1.	Territorios indígenas	Resguardos Vencedor Piriri; Alto Unuma; El Tigre, Awaliba; Domo Planas; Wacoyo, Aseinpome y Corozal Tapajo. Parcialidades: La Campana; Sisapiatu; San Rafael. T. Ancestrales: Onosiba; Liwinaka
2.	ASOUNUMA	Asocia 21 territorios con 23 autoridades indígenas: 12 Resguardos (Constituidos); 3 Parcialidades; 4 Territorios ancestrales (Reclamación); 2 Asentamientos urbanos.
3.	Otras comunidades Indígenas	No asociados en ASOUNUMA: Comunidad Liwinaka y Resguardo Florida Kawinanae.
4.	Asociaciones Afrodescendientes	Consejo Comunitario La Libertad Afro; Asociación de pequeños productores de origen afrodescendiente.

**Fuente:** Gestores Territoriales Ambientales-Departamento del Meta, 2025.  
**Elaboro:** ANLA, 2025.

**Tabla 17. Actores Comunitarios-Cumaribo**

N°	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1.	Asociación de Juntas de Acción Comunal de Cumaribo (ASOJUNCUMI)	Agrupar 58 Juntas de Acción Comunal campesinas; promueve la formalización, derecho a la tierra y desarrollo rural en la región.
2.	Asociación Comunitaria Emprendedora de Cumaribo	Entidad sin ánimo de lucro dedicada a la consultoría de gestión, impulsando emprendimientos locales en Cumaribo.
3.	Corporación Social y Agroempresarial de la Orinoquía	Organización sin ánimo de lucro enfocada en actividades agroempresariales y sociales en Cumaribo.
4.	El Morichal (medio comunitario impreso)	Periódico impreso mensual distribuido en Cumaribo y otros municipios de Vichada y Guainía, con fuerte enfoque en noticias locales e información confiable.
5.	Vichada Cuenta (iniciativa de visibilización cultural)	Organización que se encarga de visibilizar la cultura, tradición y diversidad del territorio vichadense.

**Tabla 18. Actores Étnicos-Cumaribo**

N°	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1.	CRIVI - Consejo Regional Indígena del Vichada y ASOCRIVI	Asociaciones, Resguardos, Asentamientos y Personas.
2.	ACATISEMA - Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas de Selva Mataven	17 sectores del resguardo Mataven.
3.	PALAMEKU	San Luis, Tomo Bewery, Esmeralda, Punta Bandera y Valdivia.
4.	ASOCAUNIGUVI	Resguardos de la Zona del departamento de Guaviare.

**Fuente:** Plan de Desarrollo para el municipio de Cumaribo: Construyendo Paz y Progreso 2024-2027.  
**Elaboro:** ANLA, 2025.

## B. ELEMENTOS AMBIENTALES DE INTERÉS Y CONFLICTIVIDAD EN EL TERRITORIO

### Elementos ambientales de interés para las comunidades locales

Las comunidades locales identifican una serie de elementos ambientales de gran interés como la calidad del suelo, el recurso hídrico superficial continental, las comunidades de fauna terrestre, la estructura ecológica, y los conflictos socioambientales presentes en sus territorios. No obstante, a partir de los resultados de la jerarquización de impactos, se observa un mayor énfasis por parte de las comunidades en ciertos componentes clave que inciden directamente en su bienestar. Entre ellos, se destaca la **calidad del suelo**, debido que su afectación puede impactar las actividades económicas tradicionales, la seguridad alimentaria y



los ecosistemas en general. A nivel biótico, se prioriza la **estructura ecológica del paisaje**, considerado como un aspecto esencial para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos, la generación de ingresos y la preservación de la cultura y las prácticas tradicionales. En cuanto al medio socioeconómico, los elementos de mayor interés son los componentes **político-organizativo** y **espacial**, relacionados principalmente por su relación con los conflictos socioambientales. Estos suelen generarse por actividades humanas como la agroindustria y la ganadería, que pueden alterar tanto a las comunidades como a sus entornos.

### **Conflictividad derivada de actividades locales no reguladas**

En los municipios de Puerto Gaitán y Cumaribo se han documentado, a partir de información pública y fuentes secundarias, diversos contextos de conflictividad socioecológica asociados a la explotación de recursos naturales, la expansión agroindustrial no planificada y la presencia de actores armados ilegales en zonas rurales. De acuerdo con los registros consultados, varios de estos conflictos se relacionan con actividades no sujetas al licenciamiento ambiental por parte de la ANLA, lo cual limita el alcance del control y seguimiento directo de la Entidad. Las fuentes revisadas señalan que estas dinámicas podrían generar presiones o afectaciones sobre ecosistemas estratégicos, fuentes hídricas y territorios habitados por comunidades indígenas y campesinas, aspectos que resultan relevantes para el análisis territorial y de derechos humanos. A continuación, se presentan los principales contextos de conflictividad socioecológica identificado (ver Tabla 19):

**Tabla 19. Conflictos socio ecológicos identificados en el área regionalizada.**

MUNICIPIO	TIPO DE CONFLICTO	DESCRIPCIÓN GENERAL	EFFECTOS SOCIALES Y POSIBLES RIESGOS SOBRE DERECHOS HUMANOS	FUENTES
PUERTO GAITÁN	Expansión agroindustrial menonita	Desde el 2016, comunidades menonitas provenientes de México se han asentado en Puerto Gaitán, adquiriendo al menos 32.500 hectáreas mediante la compra de predios familiares que, aunque formalmente no superan los límites de la Ley 160 de 1994 <sup>1</sup> , en la práctica configuran un proceso de acumulación de tierras con antecedentes irregulares en varios predios, algunos vinculados al narcotráfico, paramilitarismo o aún catalogados como baldíos. Su modelo agroindustrial ha generado tensiones con comunidades indígenas sikuaní, quienes reclaman como ancestrales zonas hoy ocupadas por colonias menonitas (como Las Piedras), donde existen sitios sagrados y cementerios, y que fueron abandonadas por desplazamiento forzado. Aunque la Agencia Nacional de Tierras y otras entidades han reconocido la vigencia de sus reclamaciones, la resolución sigue pendiente, mientras la expansión menonita avanza y profundiza los conflictos socio-territoriales y ambientales en los Llanos orientales.	Diversas fuentes secundarias señalan que la expansión de las comunidades menonitas en Puerto Gaitán ha sido asociada a tensiones sociales y territoriales que podrían generar riesgos para el ejercicio de derechos colectivos y culturales de las comunidades indígenas, en particular frente al acceso y control del territorio. Estas fuentes reportan que algunas comunidades han manifestado preocupación por posibles afectaciones a sitios sagrados y a su identidad cultural, así como por las condiciones laborales derivadas de la instalación de modelos agroindustriales intensivos. De acuerdo con los registros consultados, estas dinámicas se relacionan con situaciones de conflictividad socioterritorial y con presiones sobre los ecosistemas locales, aspectos relevantes para el análisis de derechos humanos y de sostenibilidad ambiental en el territorio.	( Mongabay Latam y Liga Contra el Silencio, 2021)
	Expansión de la frontera agrícola y ganadera	En Puerto Gaitán, la ganadería extensiva constituye una de las principales actividades rurales y, al mismo tiempo, un foco de conflictividad socioecológica. La expansión de potreros sobre sabanas inundables, bosques de galería y morichales ha reducido la conectividad ecológica y la capacidad de regulación hídrica de los ecosistemas, generando tensiones con comunidades locales que dependen de la pesca artesanal, la agricultura de pancoger y el acceso a fuentes de agua. Este conflicto se enmarca en un proceso más amplio asociado al crecimiento intensivo de actividades agroindustriales y ganaderas en la altillanura colombiana, donde la presión de grandes terratenientes y empresas agropecuarias sobre territorios protegidos y reclamados como ancestrales ha impulsado la deforestación, el desplazamiento de comunidades indígenas y campesinas, la pérdida de biodiversidad y disputas por el uso del suelo.	De acuerdo con distintas fuentes consultadas, el conflicto socioecológico en Puerto Gaitán se asocia a impactos sociales y territoriales relevantes, que podrían traducirse en riesgos para comunidades indígenas y campesinas, particularmente frente al desplazamiento, el acceso a la tierra y la preservación de sus prácticas e identidades culturales. Algunos reportes también señalan que la expansión agroindustrial y ganadera se vincula con conflictos ambientales locales, relacionados con el acceso y la disponibilidad de recursos naturales como el agua y la biodiversidad. De igual forma, diversas organizaciones y actores territoriales han advertido situaciones de riesgo e intimidación hacia líderes comunitarios, lo que contribuye a aumentar la percepción de vulnerabilidad social en la región.	(Edwin Andrés Forero Cifuentes, 2023)
	Monocultivos de coca	En el municipio de Puerto Gaitán, aunque no existen cifras oficiales desagregadas, los reportes del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI) de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y el Ministerio de Justicia indican que el departamento del Meta concentra entre 2.000 y 5.000 hectáreas de cultivos de coca en 2023, lo que refleja una presencia moderada frente a otros territorios del país. Estos cultivos, asociados en gran medida a economías de subsistencia en zonas rurales, generan una fuerte dependencia económica de comunidades campesinas e indígenas, que en algunos casos puede superar el 80 % de sus ingresos. Además, se ha documentado que parte de estas siembras se localizan en áreas de conservación ambiental y territorios étnicos, lo que incrementa los impactos sobre bosques, suelos y biodiversidad, y plantea riesgos adicionales para el ordenamiento territorial y la garantía de derechos en la región.	Según distintas fuentes oficiales y académicas, en el municipio de Puerto Gaitán y en el departamento del Meta se registran dinámicas territoriales asociadas a la presencia de cultivos de uso ilícito, las cuales generan dependencia económica y limitaciones para la adopción de medios de vida alternativos por parte de algunas comunidades campesinas e indígenas. De acuerdo con los reportes consultados, estas condiciones se desarrollan en contextos de conflictividad y presencia de actores armados ilegales, lo que podría aumentar los riesgos de violencia, reclutamiento o desplazamiento forzado, así como dificultar la inclusión de la población en programas de desarrollo rural y sustitución de cultivos. Desde un enfoque de derechos humanos, diversas fuentes advierten que estos factores podrían generar riesgos o limitaciones en el ejercicio de derechos fundamentales, entre ellos el derecho a la alimentación, al trabajo digno, al territorio, a la vida, a la seguridad personal, a la salud y a un ambiente sano.	(Ministerio de Justicia y del Derecho y Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2023)
	Presencia de actores armados y control territorial	En Puerto Gaitán, Meta, la presencia de actores armados ilegales configura un conflicto sociopolítico y territorial que se intensifica por el control de economías ilícitas como el narcotráfico, la extorsión y la minería ilegal. De acuerdo con la Defensoría del Pueblo (Alerta Temprana 001-2025) e Indepaz, en la zona operan estructuras armadas como el Bloque Amazonas y el Bloque Jorge Suárez, que se disputan corredores estratégicos para el tráfico de drogas y el acceso a recursos naturales. Esta disputa se traduce en homicidios selectivos, masacres como la ocurrida en abril de 2025 con cuatro víctimas en el sector "La Invasión", amenazas y restricciones a la movilidad de comunidades campesinas e indígenas. Las consecuencias sociales incluyen el reclutamiento forzado de jóvenes, el desplazamiento de familias, la pérdida de confianza institucional y la fragmentación del tejido social, mientras que en términos de derechos humanos se vulneran de manera sistemática los derechos a la vida, la seguridad, el territorio y la libre movilidad de la población civil.	De acuerdo con diversas fuentes institucionales y de observación territorial, en Puerto Gaitán se han identificado contextos de presencia de actores armados ilegales que, según los reportes consultados, podrían estar asociados a riesgos sociales y humanitarios para comunidades rurales, indígenas y campesinas. Estas situaciones han sido señaladas por organizaciones locales y nacionales como factores que podrían contribuir al desplazamiento, al reclutamiento de jóvenes, a la explotación de mujeres y a la afectación del tejido social y comunitario, así como a la desconfianza frente a las instituciones del Estado. Desde un enfoque de derechos humanos, estos contextos plantean riesgos para el ejercicio de derechos fundamentales, entre ellos el derecho a la vida, la seguridad e integridad personal, el territorio y los derechos colectivos de las comunidades étnicas, así como el derecho a un ambiente sano y a la paz.	((INDEPAZ), 2025)
	Procesos de constitución, restitución y reclamación de territorios	En el municipio de Puerto Gaitán persisten conflictos territoriales e interétnicos relacionados con procesos de constitución, restitución y reclamación de territorios ancestrales que aún no han tenido una decisión definitiva por parte de la Unidad de Restitución de Tierras (URT) y la Agencia Nacional de Tierras (ANT). Estas disputas involucran comunidades indígenas, campesinas y otros actores locales que reclaman derechos históricos y de propiedad sobre la tierra, generando tensiones por el acceso,	Según información secundaria y reportes institucionales y académicos, en el municipio de Puerto Gaitán se han documentado disputas por la tierra y el territorio que, de acuerdo con las fuentes consultadas, podrían tener implicaciones sociales y de derechos humanos al generar procesos de fragmentación comunitaria y tensiones entre comunidades campesinas e indígenas. Los registros revisados también señalan	(Unidad de Restitución de Tierras (URT), 2025) (Agencia Nacional de Tierras (ANT), 2025)

MUNICIPIO	TIPO DE CONFLICTO	DESCRIPCIÓN GENERAL	EFFECTOS SOCIALES Y POSIBLES RIESGOS SOBRE DERECHOS HUMANOS	FUENTES
		uso y control del territorio. La situación se agrava en áreas donde los proyectos extractivos (como hidrocarburos y palma) se superponen con territorios reclamados, lo que incrementa los riesgos de conflictividad social, particularmente de comunidades étnicas y rurales presentes en el territorio.	dificultades en los procesos de restitución y reclamación de territorios ancestrales, lo que podría limitar el acceso efectivo a derechos colectivos, como el uso y control del territorio, la seguridad alimentaria y la preservación de la identidad cultural de los pueblos indígenas. Asimismo, distintas fuentes advierten que la superposición de proyectos extractivos sobre áreas en disputa se asocia con riesgos de desplazamiento, pérdida de medios de vida tradicionales y debilitamiento del tejido social.	
	Conflictos por uso y acceso al agua	En Puerto Gaitán, Meta, la expansión de los monocultivos de palma de aceite y la explotación petrolera ha generado una severa escasez y contaminación del agua, un recurso que antes servía tanto al consumo humano como a actividades productivas rurales. Ambos sectores —la agroindustria y la extracción de hidrocarburos— utilizan las mismas fuentes hídricas de la comunidad, lo que ha provocado el secamiento de nacedores y pozos, la pérdida de biodiversidad y cambios drásticos en el paisaje. La llegada de palma, que ya ocupa miles de hectáreas, ha reemplazado bosques nativos y contaminado los cauces a través de agroquímicos y vertimientos, mientras que la explotación petrolera, mediante técnicas como la sísmica y la reinyección de aguas residuales, ha intensificado los temblores y deteriorado aún más los ecosistemas locales. Estos impactos, denunciados por los habitantes de la vereda Rubiales, representan un conflicto profundo entre grandes intereses extractivos y la sostenibilidad ambiental, territorial y comunitaria de las familias campesinas afectadas.	Según diversas fuentes institucionales y académicas, en Puerto Gaitán se han identificado tensiones sociales y ambientales relacionadas con el acceso al agua, asociadas a la presión ejercida por actividades agroindustriales y extractivas, especialmente de palma de aceite y explotación petrolera. De acuerdo con los reportes consultados, estas dinámicas podrían limitar el acceso de comunidades rurales e indígenas a fuentes hídricas tradicionales, lo que representa riesgos para el ejercicio de derechos como el acceso al agua potable, la salud y un ambiente sano. Las fuentes revisadas también señalan que la pérdida o degradación de cuerpos de agua locales podría afectar la seguridad alimentaria y los medios de vida tradicionales, incrementando la vulnerabilidad social y económica. Asimismo, se advierte que el agotamiento de los ecosistemas acuáticos plantea riesgos para los derechos colectivos vinculados al territorio, la cultura y la autodeterminación, en un contexto de asimetría frente a los grandes actores productivos con mayor control sobre los recursos naturales.	(Rutas del Conflicto, 2022)
	Avance de actividades agropecuarias extensivas	En Cumaribo, la ganadería extensiva es uno de los ejes económicos importantes, aportando alrededor del 50 % del PIB departamental del Vichada; sin embargo, esta misma centralidad la convierte en un factor de conflictividad socioecológica. El modelo productivo basado en grandes extensiones de sabanas destinadas a pasturas desplaza prácticas tradicionales de chagras y conucos, fundamentales para la seguridad alimentaria y la autonomía de comunidades indígenas y campesinas. A ello se suma la concentración de tierras y la escasa infraestructura productiva, que limitan el acceso equitativo a los recursos y refuerzan la dependencia de un sistema poco diversificado. La expansión ganadera, además de transformar la estructura ecológica del paisaje, intensifica tensiones territoriales por el control y uso de los recursos naturales, comprometiendo tanto la sostenibilidad ambiental como el ejercicio de derechos colectivos y culturales en el municipio.	En el municipio de Cumaribo, diferentes estudios y reportes locales asocian la expansión de la ganadería extensiva con transformaciones territoriales y sociales que podrían implicar riesgos para el ejercicio de derechos humanos. Según las fuentes consultadas, este modelo productivo ha desplazado prácticas tradicionales como las chagras y los conucos, lo que podría afectar la seguridad alimentaria y la disponibilidad de agua para comunidades rurales e indígenas. Además, la transformación de sabanas y bosques de galería se relaciona con la reducción de la calidad y disponibilidad del recurso hídrico, mientras que la concentración de tierras y la limitada oferta laboral podrían restringir el acceso a derechos como el trabajo digno, el territorio y la autonomía cultural, aumentando las tensiones sociales por el control de los recursos naturales.	(Universidad Externado de Colombia, 2023)
CUMARIBO	Monocultivos de coca	En el municipio de Cumaribo, los cultivos ilícitos de coca han tenido históricamente un papel central en la dinámica territorial. De acuerdo con el Ministerio de Justicia y la UNODC (2015), hacia mediados de la década pasada el municipio concentraba la mayor proporción de coca en el departamento, debido a factores estructurales como su gran extensión, baja densidad poblacional, débil presencia institucional, pobreza rural y la influencia de actores armados ilegales, lo que mantenía la siembra como alternativa de subsistencia en comunidades campesinas y en algunos resguardos indígenas. Sin embargo, la situación ha cambiado de manera significativa en los últimos años: los monitoreos de la UNODC indican que, tras alcanzar miles de hectáreas en el año 2000, los cultivos se redujeron progresivamente hasta registrar alrededor de 283 hectáreas en 2022, localizadas sobre todo en veredas como Puerto Príncipe, Chupave y Palmarito. Este descenso se relaciona con estrategias de erradicación y, sobre todo, con programas de sustitución voluntaria como el “Triángulo del Cacao”, que han permitido a más de 850 familias reemplazar la coca por proyectos productivos legales, consolidando a Cumaribo como un municipio con baja presencia de cultivos ilícitos frente a décadas anteriores.	De acuerdo con distintas fuentes oficiales y académicas, en Cumaribo la presencia histórica de cultivos de uso ilícito ha estado vinculada a contextos de violencia, control armado y riesgos para los derechos humanos de comunidades campesinas e indígenas, en especial frente a la seguridad, el territorio y la vida. Aunque actualmente la extensión de cultivos de coca se ha reducido según registros recientes, persisten limitaciones estructurales en medios de vida, acceso a programas de sustitución y fortalecimiento institucional, lo que podría afectar la sostenibilidad de los procesos de transición hacia economías lícitas. Diversas fuentes también destacan que los programas de sustitución y desarrollo rural han contribuido a la reconstrucción del tejido social, pero requieren continuidad estatal y acompañamiento territorial sostenido para evitar retrocesos hacia economías ilícitas.	((UNODC), 2015)
	Presencia de actores armados y control territorial	En el municipio de Cumaribo se presenta un conflicto socioecológico asociado a la presencia y expansión de grupos armados ilegales, en particular el Frente Arcesio Niño del Estado Mayor Central de las disidencias de las FARC-EP. Según la Defensoría del Pueblo, estas estructuras buscan ejercer control territorial y social en veredas rurales y resguardos indígenas, lo que genera un escenario de riesgo para las comunidades campesinas e indígenas, quienes ven amenazados sus derechos a la vida, la seguridad, la movilidad y el acceso a medios de subsistencia. La situación se agrava por la disputa con otros actores armados como el ELN y las Autodefensas Gaitanistas de Colombia (Clan del Golfo), lo que incrementa la vulnerabilidad de la población y la posibilidad de desplazamientos, confinamientos y afectaciones a sus prácticas culturales y de uso del territorio.	Según información secundaria y reportes institucionales, en Cumaribo se han documentado situaciones que plantean riesgos para la vida, la integridad y la seguridad de comunidades indígenas y campesinas, vinculadas a la persistencia de actores armados y restricciones de movilidad en determinadas zonas. Estas condiciones podrían limitar las actividades de subsistencia, el ejercicio de la autonomía territorial y cultural, y la preservación de prácticas tradicionales. De acuerdo con las fuentes revisadas, estos escenarios representan riesgos para el ejercicio de derechos fundamentales reconocidos nacional e internacionalmente, en especial los	(Alerta Temprana de Inminencia 017-24 (Cumaribo, Vichada). Defensoría del Pueblo, 2024)



MUNICIPIO	TIPO DE CONFLICTO	DESCRIPCIÓN GENERAL	EFFECTOS SOCIALES Y POSIBLES RIESGOS SOBRE DERECHOS HUMANOS	FUENTES
			relacionados con la vida, la seguridad, el territorio, la identidad cultural y el ambiente sano.	
	Conflictos por uso y acceso a la tierra	En Cumaribo, los conflictos por el acceso y la tenencia de la tierra reflejan tensiones históricas entre comunidades campesinas y pueblos indígenas, atravesadas por procesos de colonización, desplazamiento forzado y expansión de la frontera agrícola. Por un lado, los campesinos reclaman la formalización de tierras baldías que han ocupado durante décadas; por el otro, los pueblos indígenas exigen el respeto a sus territorios ancestrales y a la autonomía de sus resguardos, en medio de una débil delimitación jurídica. A pesar de decisiones judiciales y de los mandatos de la Agencia Nacional de Tierras (ANT), persiste la falta de claridad en los linderos, lo que ha generado protestas, bloqueos y mediaciones por parte de la Defensoría del Pueblo y la Misión de Verificación de la ONU. Este conflicto, además de evidenciar la crisis institucional en la gestión de la tierra, plantea el desafío de armonizar el derecho de propiedad rural, la seguridad jurídica y la protección de territorios indígenas con los objetivos de paz y desarrollo sostenible establecidos en el Acuerdo Final de Paz.	En Cumaribo, distintas fuentes oficiales y académicas reportan conflictos asociados al acceso y la tenencia de tierras, los cuales podrían generar implicaciones sociales y de derechos humanos relevantes. Según los registros consultados, la indefinición de linderos y superposición de reclamaciones territoriales genera tensiones entre comunidades campesinas e indígenas, afectando la confianza institucional y la cohesión social. Estas condiciones podrían limitar el acceso efectivo a derechos como la tierra, el territorio y la formalización de predios rurales, además de influir en la seguridad alimentaria y el acceso a un ambiente sano, incrementando la vulnerabilidad de poblaciones históricamente excluidas.	(Ana María Martínez Cifuentes, 2022)
<p><b>Fuente:</b> Fuentes de información referenciadas dentro de la tabla.  <b>Elaborado:</b> con base en información oficial consultada, ANLA, 2025.</p>				

## Conflictos socioecológicos asociados a proyectos con licenciamiento ambiental

Considerando los reportes generados por los Gestores Territoriales Ambientales de la ANLA a través de la Estrategia de Presencia Territorial, se han identificado alertas de conflictividad socioambiental asociadas a determinados Proyectos, Obras y/o Actividades bajo la competencia de la ANLA. Estas situaciones corresponden a los expedientes LAM3547, LAV0041-13, LAM0019, LAM4795, LAM 5995 y LAV0021-00-2023. En la Tabla 20 se presentan los principales aspectos relacionados con dichos casos:

**Tabla 20. Conflictos socio ecológico asociados a Proyecto, Obras y/o Actividades de competencia de la ANLA**

TIPO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
<b>LAM3547</b>		
Competencias ANLA	Afectación al medio abiótico – componentes agua superficial y suelo	Reclamaciones de comunidades indígenas frente a posibles afectaciones a cuerpos de agua superficiales y suelos en la vereda La Cristalina. Las inquietudes incluyen riesgo de contaminación por hidrocarburos, alteración de la escorrentía e infiltración y deterioro de la calidad del suelo.
	Inversión forzosa de no menos del 1%	Reclamaciones reiteradas asociadas al cumplimiento de obligaciones del 1% y compensaciones ambientales del proyecto.
	Dificultades de acceso a la información ambiental	Presentación de derechos de petición por comunidades indígenas, veedurías y organizaciones sociales; manifestando falta de información y comunicación efectiva frente al proyecto.
<b>LAV0041 - 13</b>		
Competencias ANLA	Afectación al recurso hídrico superficial	Presuntas afectaciones a pozos y fuentes hídricas por tránsito vehicular y obras del proyecto; reclamaciones reiteradas desde el Asentamiento Humano Cuernavaca.
	Afectación al recurso suelo	Presunta afectación al recurso suelo a través de procesos de erosión, compactación, alteración de la estructura natural y escorrentía de sedimentos hacia cuerpos de agua cercanos
	Alteración en el entorno cultural	Algunas comunidades indígenas han reclamado presuntas afectaciones a sus prácticas alimentarias y culturales por la escasez de peces en el caño Rubiales y el río Tillavá, así como el ahuyentamiento de fauna silvestre en zonas de su territorio.
	Generación de conflictos socioambientales	Información imprecisa sobre el alcance de la licencia ambiental referente a la participación laboral.
	Inversión forzosa no menos del 1% y Compensaciones	Inconformidad por las actividades realizadas para el cumplimiento de estas obligaciones, y reclamaciones sobre información del seguimiento realizado a este instrumento.
	Información de obligaciones de la licencia ambiental	La comunidad percibe desatención en situaciones que consideran pasivos ambientales generadas por el titular de la licencia
<b>LAM0019 /LAM4795</b>		
Competencias ANLA	Contingencias en POAS	Se reportan inconformidades de algunas comunidades por derrames de crudo y fluidos, así como inconformidad por la exclusión de algunas comunidades en visitas de verificación y la falta de información sobre las actuaciones frente a estos eventos.
	Alteración en el entorno cultural	Algunas comunidades indígenas han reportado afectaciones a sus prácticas alimentarias tradicionales por la reducción de peces en los caños Rubiales y Tillavá, así como el ahuyentamiento de fauna silvestre en su territorio.
	Participación Ciudadana	Algunas comunidades han expresado inconformidad frente al cambio en la metodología de participación, en la que se han reemplazado las socializaciones por reuniones informativas.
	Decisión ANLA	Reinyección de aguas de producción: Algunas comunidades manifiestan inconformidad por la autorización de reinyección de aguas de producción, actividad que asocian con la generación de sismos en sus predios y viviendas.
	Generación de conflictos socioambientales	Inconformidades de la comunidad campesina e indígena por temas laborales, ambientales, bienes y servicios asociados a ambos expedientes (Expresiones protesta 2024_2025)
	Afectación al medio abiótico – componente agua superficial	Presuntas afectaciones al caño Rubiales y al río Tillava por vertimientos autorizados y presuntos impactos negativos.
	Afectación al medio abiótico – componente atmosférico	Reclamaciones persistentes desde 2013 por afectaciones al suelo y calidad del aire, principalmente por emisión de material particulado en vías internas, con impactos en cultivos, salud y actividades rurales.
	Inversión forzosa de no menos del 1%	Reclamos reiterados de comunidades frente al presunto incumplimiento de las obligaciones ambientales de inversión forzosa no menos del 1% y compensaciones
<b>LAM5995 / LAV0021-00-2023</b>		
Competencias ANLA	Afectación al recurso aire	Presuntas afectaciones por la presencia constante de material particulado en el aire, generado por el tránsito de vehículos pesados del proyecto sobre vías sin pavimentar.
	Afectación al recurso suelo	Impactos negativos por altos niveles de material particulado en cultivos, pastos que afectan los animales y cultivos de pan coger en algunas zonas.
	Afectación al recurso hídrico superficial subterráneo	Aportes de sedimentos a morichales y nacederos por escorrentía de material particulado, con presuntas afectaciones a la calidad del agua y reducción del caudal. Posible conexión entre nacederos afectados y aguas subterráneas, con presuntas implicaciones sobre el sistema freático.
	Información sobre obligaciones de la licencia ambiental	Reclamaciones por presuntos incumplimientos y desconocimiento comunitario sobre el alcance de la licencia ambiental. Solicitudes de nulidad de la resolución 2775 de 2023
	Generación de conflictos socioambientales	Movilizaciones 2024-2025 por inconformidades (oposición parcial a la interconexión) y temas laborales, ambientales, bienes y servicios asociados a ambos expedientes campo mago.

**Fuente:** Sistema de Análisis Estratégico para la Transformación de la Conflictividad Ambiental (STC) y Gestores Territoriales Ambientales, ANLA 2025.

*Nota: La información sobre los conflictos identificados refleja el estado actual al momento del análisis. Esta puede variar en función de las acciones en curso por parte de la ANLA.*

Elaborado: ANLA, 2025.

## Percepción de Licenciamiento Ambiental: Quejas, Denuncias Ambientales y Solicitudes de Información (QUEDASI) en los Conceptos Técnicos de Seguimiento (Temporalidad de información: 2024-2025)

El análisis se centra en la percepción ciudadana sobre el licenciamiento ambiental de proyectos, obras y/o actividades, a partir de la revisión de los conceptos técnicos de seguimiento más recientes. Dicha percepción recoge opiniones que expresan posibles inconformidades frente al desarrollo de las actividades y a la gestión del licenciamiento, permitiendo identificar potenciales impactos y situaciones que pueden generar conflictos socioambientales (ver Tabla 21):

**Tabla 21.** Síntesis de denuncias ambientales identificadas en los recientes seguimientos ambientales de los Proyectos, Obras y/o Actividades de competencia de la ANLA

CATEGORÍA		DESCRIPCIÓN
Expediente		LAM0019
Proyecto		Campo Rubiales
Titular del proyecto		ECOPETROL S.A.
Ubicación		Municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta
Autoridad Ambiental		ANLA / CORMACARENA
Origen / Denunciante		CORMACARENA (traslada denuncia ciudadana)
Contenido de la denuncia		<ul style="list-style-type: none"> <li>Disposición inadecuada de residuos peligrosos (RESPEL).</li> <li>Inadecuada gestión de residuos sólidos.</li> <li>Posibles afectaciones a cuerpos de agua por vertimientos.</li> <li>Presunta afectación por sustancias químicas</li> </ul>
Requerimiento ANLA	Manejo de RESPEL	Informar y evidenciar las rutas de gestión y disposición final de residuos peligrosos
	Vertimientos	Demostrar control y tratamiento efectivo de aguas residuales en zonas críticas
	Afectación a cuerpos de agua	Incluir resultados de monitoreo y análisis de calidad de agua que descarten afectación
Limitaciones	Gestión de residuos sólidos	Aportar evidencias del cumplimiento de los protocolos internos y normativos
	Restricciones de acceso	Dificultades para visitar zonas puntuales asociadas a los hechos denunciados
	Disponibilidad de información	Información parcial o no alineada con lo solicitado por la ANLA
Validación técnica		Falta de soportes suficientes para cerrar técnicamente los hechos en la visita de abril 2024
CATEGORÍA		DESCRIPCIÓN
Expediente		LAM4795
Proyecto		Área de explotación de hidrocarburos Quifa
Titular del proyecto		ECOPETROL S.A.
Ubicación		Municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta
Autoridad Ambiental		ANLA / CORMACARENA
Origen / Denunciante		CORMACARENA (traslada denuncia ciudadana)
Contenido de la denuncia		<ul style="list-style-type: none"> <li>Quema de residuos sólidos (basuras).</li> <li>Presunta mala gestión de residuos peligrosos (RESPEL).</li> <li>Afectación de cuerpos de agua.</li> <li>Afectación a fauna silvestre</li> </ul>
Requerimiento ANLA	Gestión de residuos	Presentar evidencia del manejo adecuado de residuos peligrosos (almacenamiento, transporte y disposición final)
	Vertimientos	Detallar la caracterización y tratamiento de aguas residuales, en especial las aceitosas
	Afectación a fauna	Reportar las medidas implementadas para mitigar impactos sobre fauna silvestre
Limitaciones	Monitoreo ambiental	Incluir los hechos denunciados en los reportes de cumplimiento, con soportes verificables
	Acceso físico	No se pudo ingresar a algunos puntos donde se habría originado la denuncia
	Condiciones técnicas	No se contaba con muestras o infraestructura para verificar in sitio
Información suministrada		Incompleta o insuficiente para el cierre técnico de los hechos denunciados
CATEGORÍA		DESCRIPCIÓN
Expediente		LAV0041-13
Proyecto		Área de Explotación Pendare – Bloque CPO-13
Titular del proyecto		TECPETROL COLOMBIA S.A.S.
Ubicación		Municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta
Autoridad Ambiental		ANLA / CORMACARENA
Origen / Denunciante		Principalmente propietaria/poseedora de Parcelas 43 y 47 del Asentamiento Humano Cuernavaca). También denuncias por otros residentes (parcela 55, parcela 39)
Contenido de la denuncia		<ul style="list-style-type: none"> <li>Presuntas afectaciones por instalación de líneas de flujo y red eléctrica en el predio.</li> <li>Cambio en la calidad del agua del pozo profundo.</li> <li>Afectación a cercas, árboles y revegetalización.</li> <li>Presuntos daños ambientales a cuerpos de agua.</li> <li>Ruido en vivienda - Inadecuada atención a acuerdos o compensaciones</li> </ul>
Requerimiento ANLA	Calidad del agua	Incluir el pozo profundo de la denunciante en la red de monitoreo de aguas subterráneas y realizar análisis fisicoquímico en laboratorio acreditado IDEAM (recomendación de CORMACARENA)
	Restauración	Reconformación, perfilado y revegetalización de taludes conforme fichas de manejo paisajístico y revegetalización del PMA
	Servidumbres y acuerdos	Aportar evidencias documentales de acuerdos, compensaciones y servidumbres
Limitaciones	Restricciones de acceso	En visitas programadas (ej. julio 2024) no fue posible ubicar a la denunciante en el predio
	Disponibilidad de información	Información parcial o reiterativa; denuncias con hechos ya atendidos en oficios previos
	Validación técnica	Dificultades para verificar en campo algunas afectaciones por falta de acceso y evidencias

\*Es de aclarar que en el caso de que existan quejas y/o denuncias ambientales pendientes de atender, esta Autoridad estará dando atención y alcance a estas, mediante los procesos de control y seguimiento ambiental a los diferentes proyectos presentes en la región.

**Fuente:** Conceptos Técnicos de seguimiento con visita suscritos en el 2024-2025.

Elaborado: ANLA, 2025.



En este contexto, la revisión de las denuncias ambientales referenciadas en los conceptos técnicos de seguimiento correspondientes a los años 2024–2025 permite identificar elementos asociados a la percepción de algunos actores locales frente a la gestión socioambiental de proyectos hidrocarburíferos en el municipio de Puerto Gaitán. Las denuncias, presentadas principalmente por comunidades y residentes localizados en áreas cercanas a las zonas de operación, hacen referencia a posibles situaciones relacionadas con la gestión de residuos peligrosos y sólidos, presuntos vertimientos con potencial incidencia sobre cuerpos de agua, alteraciones percibidas en la calidad del recurso hídrico, afectaciones a fauna silvestre, emisiones de ruido, pérdida de cobertura vegetal y eventuales daños a infraestructuras prediales.

De acuerdo con la información disponible en los expedientes, estas manifestaciones han sido objeto de análisis y gestión por parte de las autoridades ambientales competentes, a través de requerimientos técnicos y actividades de verificación programadas. No obstante, se identifican factores recurrentes como restricciones de acceso a determinadas áreas, disponibilidad parcial de información y ausencia de soportes técnicos concluyentes que pueden incidir en el alcance y oportunidad del cierre de algunas denuncias. Este escenario, sin constituir una valoración sobre la eficacia del control ambiental, aporta elementos de contexto para comprender la persistencia de inquietudes comunitarias y la presencia de focos de tensión socioambiental en el territorio.

En este marco, la ANLA, a través de las dependencias con funciones asociadas a la participación y al seguimiento ambiental entre ellas la Subdirección de Mecanismos de Participación Ambiental y la Subdirección de Seguimiento de Licencias Ambientales intervienen en la gestión de la información relacionada con presuntas infracciones ambientales asociadas a proyectos, obras o actividades. Este ejercicio comprende la recepción, sistematización, análisis preliminar y canalización de los insumos provenientes de la ciudadanía y de otros actores institucionales, así como su articulación con los procesos de seguimiento ambiental y con autoridades que ejercen competencias concurrentes. De manera complementaria, estas actuaciones se enmarcan en el fortalecimiento del acceso a la información ambiental, la orientación a los denunciantes y la promoción de mecanismos de participación y control social informado, aportando elementos de contexto para la identificación temprana de riesgos socioambientales y para la comprensión de dinámicas de conflictividad en el territorio.

### **C. SENTENCIAS PROFERIDAS POR LA CORTE CONSTITUCIONAL EN JURISDICCIÓN DE LOS DEPARTAMENTOS/MUNICIPIOS DEL ÁREA REGIONALIZADA**

Para la presente actualización del reporte, y con corte a la fecha del análisis, se realizó la verificación de decisiones judiciales proferidas por la Corte Constitucional que puedan generar efectos directos o indirectos sobre los proyectos localizados en el área regionalizada de Alto Vichada. En esta revisión se identificaron las Sentencias de Tutela T-764 de 2015 y T-298 de 2017 (ver Tabla 22), las cuales constituyen referentes relevantes en materia de protección de derechos fundamentales de comunidades indígenas frente a proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos. En la Sentencia T-764 de 2015, la Corte analizó acciones de tutela presentadas por autoridades indígenas del pueblo Sikuani, asociadas a presuntas vulneraciones del derecho a la consulta previa, al debido proceso y a la identidad cultural, derivadas del desarrollo de actividades hidrocarburíferas en territorios indígenas o en sus áreas de influencia, resaltando la procedencia de la tutela como mecanismo de protección cuando otros medios no resultan eficaces. Posteriormente, en la Sentencia T-298 de 2017, la Corte examinó la situación del Resguardo Indígena Awalibá, concluyendo que dicha comunidad debió ser consultada previamente dentro del proceso de licenciamiento ambiental del campo de explotación de hidrocarburos Ocelote-Guarrojo, aun cuando el resguardo no se encontrara formalmente dentro del área directa del proyecto, pero sí en su zona de influencia ambiental, social y cultural. En este fallo, la Corte reconoció la afectación de derechos como la consulta previa, la libre determinación, la autonomía, la

participación y el medio ambiente sano, y ordenó a las autoridades competentes adoptar medidas para adelantar el proceso de consulta y evaluar de manera adecuada los impactos ambientales, en particular sobre el río Guarrojo y los usos tradicionales asociados. En conjunto, estas decisiones judiciales ofrecen un marco orientador para la gestión ambiental y social regional, al evidenciar la relevancia de los procesos judiciales como factores externos al licenciamiento ambiental que pueden incidir en la viabilidad, seguimiento y control de los proyectos, así como en el análisis de impactos acumulativos y en la incorporación del enfoque de derechos en la evaluación ambiental.

## D. PROCESOS JUDICIALES Y SANCIONATORIOS AMBIENTALES ASOCIADOS A POA DE COMPETENCIA DE LA ENTIDAD

En el marco de las competencias de la ANLA, el análisis regional incorporar la revisión de los procesos judiciales asociados a proyectos, obras y/o actividades, los cuales constituyen un insumo relevante para la evaluación de riesgos jurídicos, precedentes administrativos y eventuales medidas de seguimiento. Para efectos del presente reporte, dichos procesos se agrupan en procesos judiciales activos, en seguimiento y con acción de tutela, los cuales se relacionan principalmente con controversias sobre licenciamiento ambiental, medidas administrativas, presunta afectación de derechos colectivos y fundamentales, así como solicitudes de amparo constitucional. En las Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24, se presenta de manera consolidada los procesos judiciales identificados.

Por su parte, el régimen sancionatorio previsto en la Ley 1333 de 2009, modificada por la Ley 2387 de 2024, fortalece las facultades de las autoridades ambientales para imponer y ejecutar tanto medidas preventivas como sanciones administrativas, orientadas a garantizar la efectividad de los principios previstos en la Constitución, los tratados internacionales, la ley y el reglamento. Conforme con el artículo 4º, las sanciones administrativas en materia ambiental cumplen funciones preventivas, correctivas y compensatorias, mientras que las medidas preventivas según el Artículo 12 tienen como finalidad prevenir, impedir o evitar la continuación de un hecho o actividad, o la existencia de una situación que pueda afectar el medio ambiente, los recursos naturales, el paisaje o la salud humana.

En este sentido, y de acuerdo con la información revisada, en el área regionalizada se evidencian procesos sancionatorias adelantadas por la ANLA, principalmente asociados al sector de hidrocarburos, los cuales se presentan de manera detallada en la Tabla 25.

**Tabla 22.** POA's con procesos judiciales en seguimiento

RADICADO JUDICIAL	EXPEDIENTE ANLA	PROYECTO
50001312100120191000300	LAV0090-00-2014	ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA CPO8 SUR" ECOPETROL S.A.
11001310304020170059700	LAM0019	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES
50001233300020160050701	LAM0019	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES
50001220400020150028500_T -298 - 2017	LAM4221	CAMPO DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS OCELOTE - GUARROJO
50001233300020120004101_T 764 - 2015	LAM4795	PROYECTO EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN RUBIALES - QUIFA
11001220300020180031901_STC 4360-2018	LAM3605, LAM5088, LAM5506, LAM5995, LAV0012-00-2018 y LAV0037-00-2015.	De acuerdo con las bases de datos de la Oficina Asesora jurídica (OAJ) de la ANLA, este radicado judicial asocia 61 Proyectos, Obras y/o Actividades (POA's). Sin embargo, se relacionaron únicamente los expedientes que hacen parte del área regionalizada que corresponden a 6 POA's.

Fuente: Oficina Asesora Jurídica (OAJ), ANLA, 2025.

**Tabla 23.** POA's con procesos activos

RADICADO JUDICIAL	EXPEDIENTE ANLA	PROYECTO
11001032400020150024700	LAM4649	BLOQUE DE PERFORACION EXPLORATORIA SABANERO
11001032400020150009300	LAM4649	BLOQUE DE PERFORACION EXPLORATORIA SABANERO
25000234100020160055300	LAM0019 LAM4795	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES ÁREA DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS QUIFA
50001233300020180032300	LAM0019	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES
25000234100020200018300	LAM0019	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES

Fuente: Oficina Asesora Jurídica (OAJ), ANLA, 2025.

**Tabla 24.** POA's con tutelas

RADICADO JUDICIAL	EXPEDIENTE ANLA	PROYECTO
11001222100020250003000	LAV0090-00-2014	ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA CPO-8 SUR

Fuente: Oficina Asesora Jurídica (OAJ), ANLA, 2025.

**Tabla 25.** Sancionatorios activos de proyectos licenciados por la ANLA

LAM	SAN	NOMBRE DEL PROYECTO	EMPRESA	SECTOR	ESTADO ACTUAL	FECHA (ESTADO ACTUAL)
LAM0019	SAN0313-00-2024	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES CT 0296 del 7 de febrero de 2023 inicio del procedimiento sancionatorio.	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO DE APERTURA DE INVESTIGACIÓN	14/03/2025
	SAN0226-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Resolución 836 del 25 de julio de 2014	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos		
	SAN0285-00-2018	"Desarrollo del Campo de Petróleo Crudo Pesado Rubiales"	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos		
	SAN0225-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Auto 2537 del 14 de agosto de 2013	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO SANEAMIENTO DOCUMENTAL DE PROCESO SANCIONATORIO	16/07/2019
	SAN0223-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Auto 2841 del 06 de octubre de 2009	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO SANEAMIENTO DOCUMENTAL DE PROCESO SANCIONATORIO	28/05/2019
	SAN0227-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Resolución 453 del 29 de abril de 2015	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO QUE RESUELVE RECURSO DE REPOSICIÓN	10/01/2023
	SAN0613-00-2019	DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO QUE DECRETA, RECHAZA O NIEGA PRUEBAS	15/06/2023
	SAN0116-00-2017	Desarrollo del Campo de Petróleo Crudo Pesado Rubiales	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	RESOLUCIÓN QUE EXONERA RESPONSABILIDAD	19/03/2024
	SAN0009-00-2017	Campo de Desarrollo Rubiales	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	RESOLUCIÓN QUE EXONERA RESPONSABILIDAD	1/03/2023
	SAN0317-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Auto 2987 del 08 de julio de 2016	FRONTERA ENERGY COLOMBIA CORP., SUCURSAL COLOMBIA	Hidrocarburos	AUTO QUE DECRETA, RECHAZA O NIEGA PRUEBAS	30/11/2022
SAN0224-00-2019	SANEAMIENTO DOCUMENTAL DESARROLLO DEL CAMPO DE PETROLEO CRUDO PESADO RUBIALES Auto 841 del 22 de marzo de 2011	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	RESOLUCIÓN QUE EXONERA RESPONSABILIDAD	13/02/2024	
LAM0227	SAN0110-00-2016	Explotación Petrolera Campo de producción Castilla y Chichimene	ECOPETROL S.A.	Hidrocarburos	AUTO TRASLADO PARA ALEGAR CONCLUSIÓN	8/07/2025
LAM3605	SAN0280-00-2023	No ejecutar el programa de la inversión forzosa de no menos del 1%, de acuerdo con la línea aprobada para la recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca del río Muco.	COMPETROL LIMITADA	Hidrocarburos	AUTO DE APERTURA DE INVESTIGACIÓN	13/03/2024

Fuente: Oficina Asesora Jurídica (OAJ), ANLA, 2025.



## X. PAISAJE Y VALORACIÓN ECONÓMICA

### A. PAISAJE

#### Puerto Gaitán (Meta)

Con base en el área total analizada de 939.849 ha (pestaña Corina, CLC-Colombia 1:100.000, 2020), el territorio de Puerto Gaitán (Meta) está ampliamente dominado por coberturas de vegetación natural, que abarcan 83,94% (788.868 ha). Dentro de estas, la cobertura “Herbazal denso de tierra firme no arbolado” es la más extensa (532.496 ha), seguida por bosque de galería y ripario (143.168 ha) y herbazal denso inundable no arbolado (31.536 ha).

Las coberturas agropecuarias (cultivos, pastos y mosaicos) representan 14,44% (135.687 ha) del área; dentro de ellas destacan pastos limpios (54.005 ha) y palma de aceite (20.196 ha).

Las áreas antrópicas/constructivas suman 0,44% (4.105 ha). En esta categoría se observan superficies pequeñas en términos relativos: tejido urbano discontinuo (300 ha), zonas industriales o comerciales (1.058 ha), zonas de extracción minera (1.602 ha), tejido urbano continuo (45 ha) y aeropuertos (40 ha). Los cuerpos de agua (ríos, lagunas y ciénagas) representan 1,11% (10.458 ha), y los humedales 0,08% (732 ha).

En síntesis, Puerto Gaitán presenta un paisaje predominante de sabanas/herbazales naturales y bosques riparios, con una matriz agropecuaria secundaria y una huella antrópica baja y focalizada.

#### Paisaje – Vichada / Cumaribo

Para el Departamento del Vichada, específicamente para la zona del Municipio de Cumaribo, el análisis reporta un área total de 51.371,7 ha. En este caso, el paisaje está totalmente dominado por vegetación natural (100%) correspondiente a “Herbazal denso de tierra firme no arbolado” (51.371,7 ha). No se registran, para el área de estudio, superficies para agricultura/pastos, construcciones, humedales adicionales ni cuerpos de agua.

### B. VALORACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL- CUENCA VISUAL DEL PAISAJE

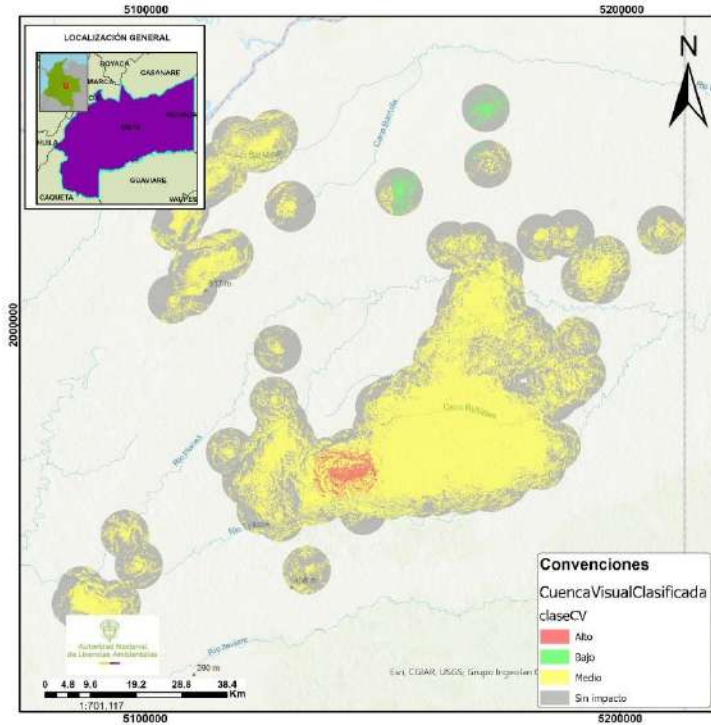
Para este componente, y de acuerdo con el impacto “Alteración a la percepción visual del paisaje” que genera la infraestructura de redes eléctricas, edificaciones, y proyectos de minería e hidrocarburos en el área de estudio, se desarrolló una estimación de la afectación visual, seguido de una valoración económica al impacto. La metodología de análisis y valoración siguió las pautas del “Manual para la estimación de cuenca visual y su valoración económica” (ANLA, 2023)<sup>2</sup>.

En este sentido, se realizó un análisis que consistió en ejecutar un modelo de cuenca visual con alturas definidas para la infraestructura de proyectos licenciados por ANLA, así: infraestructura de minería que hace referencia a frentes de explotación (tajos, galerías, túneles o frentes aluviales), botaderos de estériles o material de cobertura, pilas de acopio de mineral, áreas de trituración primaria y secundaria, entre otros y, para el caso del sector de energía las líneas de transmisión un promedio de 30 metros. Para más detalle, se presenta la ejecución del modelo mediante Figura 23 sobre la cuenca visual actual. El color rojo representa las áreas con alto impacto visual y las de color amarillo un impacto visual medio.

---

Catetgoría estandarizada de impacto (CEI) de acuerdo con el instrumento de Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales (EJIA) (ANLA, 2022).

**Figura 23** Visualización del impacto al paisaje actual para el área de estudio



Fuente: ANLA, 2025

Otro de los resultados del modelo fue la estimación de la población que es afectada visualmente en el área de estudio, esta información se presenta acorde con lo dispuesto por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) para las estimaciones de población en el año 2020. En este caso el resultado población total afectada con impacto alto y medio de acuerdo con el modelo es de 3146 (Tabla 26).

**Tabla 26.** Población afectada visualmente por la infraestructura prospectiva en el área de estudio.

Impacto visual	Población afectada por el escenario actual (impacto alto + medio)
TOTAL	3146

Fuente: ANLA, 2025.

La segunda fase del análisis se enfocó en la valoración económica ambiental, utilizando como insumo el número de población afectada total del impacto alto y medio de la siguiente manera: Para el cálculo de impacto se tomaron los valores del trabajo de Augusto F. Mendonça y John E. Tilton (2000), donde aplicaron una valoración contingente para estimar la disposición a pagar (DAP) promedio para evitar la construcción a gran escala de minería a cielo abierto especialmente en Serra dos Carajás ubicada en la Amazonía Brasileira. El resultado fue una DAP de R\$ 3,92 (Reales).

Con la información anterior, considerando los valores poblacionales y de valoración económica, se asumen los siguientes supuestos:

- 1) se proyectó el valor en pesos colombianos a 2024 respecto a la tasa de cambio del Real para el año del estudio 2000 y su actualización de acuerdo con el IPC.
- 3) se ajustó el resultado al índice de Paridad Económica entre países, siguiendo los pasos propuestos para esta metodología (ANLA 2023).
- 2) Para este caso, el trabajo de Mendonça y Tilton (2000) ofrece un único valor el cual se proyecta a la población afectada.



En este sentido, los R\$ 3,92 del año 2000 equivalen aproximadamente a 26.460 COP de 2024, considerando tanto la inflación interna en Brasil como el poder adquisitivo relativo entre Brasil y Colombia.

Los resultados muestran que la “Alteración a la percepción visual del paisaje”, causada por el escenario actual que incluye infraestructura del sector minero y eléctrico a la fecha de elaboración de este reporte, impacta de forma negativa, con un costo al bienestar (por desventaja visual) de \$ 83.243.160 COP (Tabla 27)

**Tabla 27** Valoración económica del impacto visual del paisaje causado por la infraestructura de proyectos prospectivos en el área de estudio.

Impacto visual	Población actualmente afectada	Valor del impacto DAP 26.460 COP/persona
Alto + medio	3146	\$ 83.243.160

**Fuente:** ANLA, 2025.

De acuerdo con lo anterior se puede concluir que:

El uso del instrumento de cuenca visual del paisaje basada en sistemas de información geográfica (SIG) asociado a un análisis de valoración económica, presentado en este capítulo, ofrece una guía de cómo puede ser analizado este tipo de impacto en un proceso de evaluación de EIA para la obtención de licencia o la respuesta a requerimientos de su cálculo en etapa de seguimiento, o también, medir impactos acumulativos partiendo de una línea base de afectación visual a la población actual.

En Puerto Gaitán predomina la vegetación natural (83,94%; 788.868 ha), con herbazales de tierra firme como matriz y baja huella antrópica; por su parte, Cumaribo (51.371,7 ha) la cobertura es 100% natural del mismo tipo. Esta base biofísica explica la alta sensibilidad paisajística ante nuevas infraestructuras.

La población hoy expuesta al impacto visual es de 3.146 personas; usando DAP transferida (26.460 COP/persona) el costo social estimado de la alteración visual del paisaje es \$83.243.160 COP. Estos resultados priorizan medidas de manejo y control focalizadas, las cuales pueden ser apoyadas con las salidas gráficas de mapas del modelo donde indica mayor severidad en rojo e impacto medio en amarillo.



## XI. CARACTERIZACIÓN CLIMA

### A. CLIMA HISTÓRICO

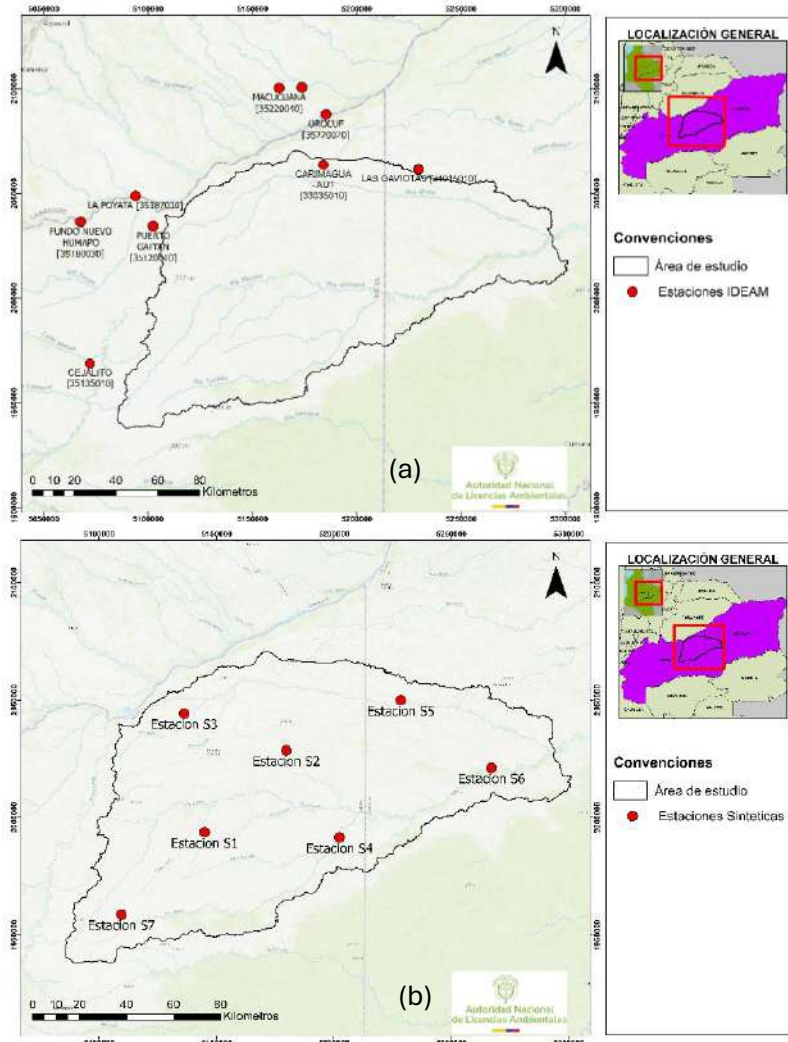
El análisis histórico de variables climáticas constituye una herramienta fundamental para identificar patrones estacionales y relaciones entre precipitación, temperatura, humedad y viento (WMO, 2017). Estos elementos son esenciales para comprender la dinámica atmosférica y su influencia en la disponibilidad hídrica y las condiciones ambientales del territorio.

En el marco de la metodología adoptada, se desarrolló un proceso de reanálisis climático orientado a caracterizar de forma precisa el comportamiento histórico del clima en el área de estudio. Ante la ausencia de estaciones meteorológicas dentro del área y en sus alrededores inmediatos, se definió la ubicación estratégica de siete estaciones sintéticas, diseñadas para representar de manera adecuada la variabilidad espacial del clima. Sobre estos puntos se obtuvieron series satelitales de precipitación y temperatura correspondientes al periodo 1987–2024.

Para la estimación de la precipitación se empleó el producto CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*) (Funk, y otros, 2015), que integra imágenes satelitales y datos de estaciones terrestres. Para la temperatura mínima, máxima y media se utilizó CHIRTS (*Climate Hazards Group InfraRed Temperature with Stations*) (Funk, y otros, 2019), que incorpora ajustes basados en registros meteorológicos observados. Posteriormente, las series fueron corregidas estadísticamente utilizando datos observados de siete estaciones del IDEAM, seleccionadas dentro de un radio de 40 km en función de criterios de calidad y continuidad (IDEAM, 2015). Dentro de dichas series se descartaron aquellas con más del 75% de datos faltantes, se eliminaron años con más del 30% de vacíos y se aplicaron procesos de detección de valores atípicos e imputación para garantizar la coherencia de las series (WMO, 2017).

El proceso de corrección empleó métodos como la corrección por sesgo (Bias Correction), el ajuste lineal simple y el escalamiento cuantílico empírico (Empirical Quantile Mapping, EQM) (Gudmundsson, Bremnes, Haugen, & Engen-Skaugen, 2012). Este último permitió abordar errores sistemáticos como el error de llovizna (Trenberth, y otros, 2017), que sobrestima la frecuencia de lluvias débiles, y el efecto techo (Zhang, y otros, 2017), que impide representar adecuadamente eventos de precipitación intensa al limitar los valores máximos. Como resultado, se obtuvieron series climáticas de alta calidad, con continuidad temporal y representatividad espacial, adecuadas para el análisis histórico y el desarrollo de proyecciones en escenarios de cambio climático.

Figura 24 Localización de estaciones meteorológicas del IDEAM (a) y estaciones sintéticas (b).

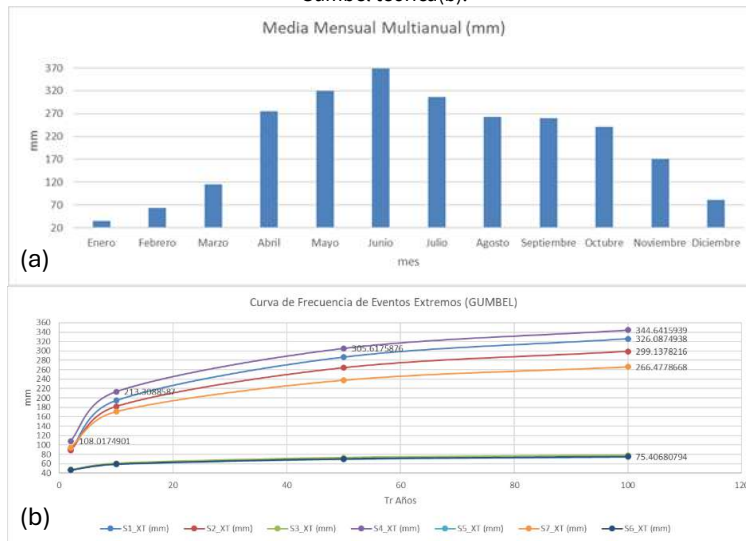


Fuente: ANLA a partir de datos del IDEAM (2025) y estaciones sintéticas definidas en el presente estudio.

El análisis climático del área de estudio evidencia un régimen de precipitación monomodal, con una estación lluviosa que se extiende de abril a octubre y alcanza su pico máximo en junio, mes en el que se registran promedios superiores a 360 mm. La estación seca se concentra entre diciembre y febrero, con precipitaciones medias mensuales inferiores a 65 mm. Durante el periodo histórico 1987–2025, la precipitación media anual fue de aproximadamente 2498,4 mm., lo que corresponde a un clima predominantemente semi-húmedo intertropical influenciado por el desplazamiento estacional de la Zona de Confluencia Intertropical –ZCIT (Poveda, Mesa, & Salazar, 2006). En promedio, se registraron 189 días con lluvia (>1 mm) frente a 168 días secos, equivalentes al 53% y 47% del año, respectivamente.

El análisis de máximos anuales de precipitación diaria acumulada (24 h, P24h) evidenció que los eventos de mayor magnitud se presentan en la Estación 4, localizada en la zona más cercana a la selva amazónica, donde un evento extremo de lluvia con un periodo de retorno de 10 años alcanza 213.31 mm, para 50 años se proyecta en 305.62 mm y para 100 años se estima en 344.64 mm. Esta ubicación geográfica y su influencia climática explican la mayor intensidad de precipitaciones extremas en comparación con las demás estaciones analizadas.

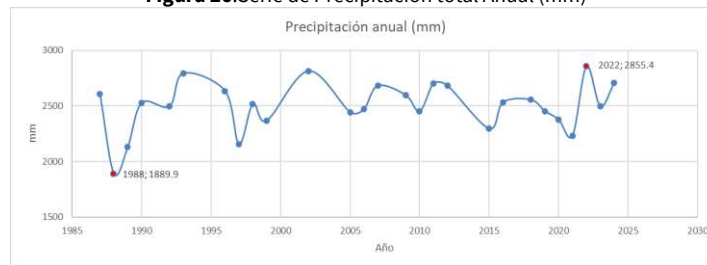
**Figura 25.** Precipitación media mensual multianual (a) y curva de frecuencia de precipitación extrema mediante la distribución de Gumbel teórica (b).



Fuente: ANLA con base en datos del IDEAM, 2025.

El año más seco fue 1988 (1889.2 mm) y el más húmedo 2022 (2855.4 mm), ambos bajo condiciones de La Niña. En el área de estudio, la precipitación responde en mayor medida al desplazamiento estacional y a la intensidad de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) que a las fases cálidas o frías del ENSO, modulando la distribución y magnitud de las lluvias anuales (Poveda, Mesa, & Salazar, 2006).

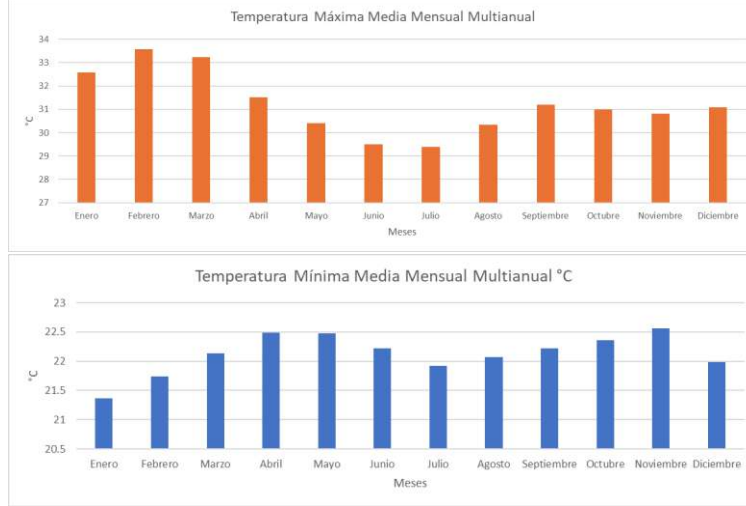
**Figura 26.** Serie de Precipitación total Anual (mm)



Fuente: ANLA con base en datos del IDEAM, 2025.

La temperatura máxima media mensual multianual alcanza sus valores más altos en febrero (33.57 °C) y marzo (33.22 °C) durante la temporada seca con baja nubosidad y alta radiación solar, mientras que los valores más bajos se registran en julio (29.40 °C) y junio (29.51 °C), coincidiendo con la temporada lluviosa y la mayor cobertura nubosa asociada a la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). En cuanto a la temperatura mínima media mensual, los valores más bajos se presentan en enero (21.31 °C) y julio (21.87 °C), cuando las noches con menor nubosidad favorecen la pérdida radiactiva y el enfriamiento superficial, y los más altos en abril y mayo (22.50 °C), cuando la nubosidad nocturna reduce el enfriamiento. El análisis de eventos extremos mediante la distribución de Gumbel indica que en Estación 6 (sector oriente-centro del área de estudio, departamento de Vichada) la temperatura máxima puede alcanzar 37.83 °C, 38.90 °C y 39.36 °C para periodos de retorno de 10, 50 y 100 años, respectivamente, mientras que en la Estación 5 (sector oriente-norte del área de estudio, también en Vichada) las mínimas elevadas pueden llegar a 25.44 °C, 26.39 °C y 26.79 °C para los mismos periodos. Estos patrones reflejan la influencia combinada de la estacionalidad de la ZCIT y las condiciones atmosféricas locales sobre la variabilidad térmica en la región (Reyes, 2025).

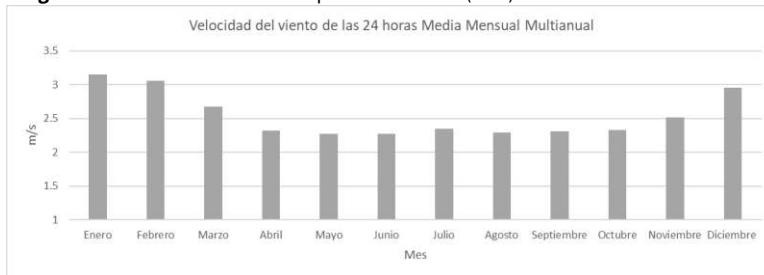
**Figura 27.** Medias mensuales multianuales de la temperatura diaria máxima y mínima



**Fuente:** ANLA con base en datos del IDEAM,2025.

La velocidad media mensual multianual del viento presenta su mayor intensidad entre enero (3.17 m/s) y febrero (3.08 m/s), coincidiendo con la temporada seca en la región y el fortalecimiento de los vientos alisios del noreste, favorecido por una menor nubosidad y actividad convectiva (IDEAM, 2021; IDEAM, 2015). Los valores más bajos se registran entre abril y octubre, con un mínimo relativo en mayo (2.28 m/s), periodo en el que la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) se encuentra sobre el territorio nacional, incrementando la nubosidad y reduciendo la velocidad del viento superficial (Poveda G. , 2004; Rojas, Pabón, & Mesa, 2020). El análisis de eventos extremos mediante la distribución de Gumbel para la estación Gaviota indica que la velocidad máxima del viento de 24 horas puede alcanzar 8.89 m/s, 9.5 m/s, 9.38 m/s y 9.48 m/s para periodos de retorno de 2, 10, 50 y 100 años, respectivamente, evidenciando una tendencia de incremento gradual con la recurrencia del evento, en coherencia con patrones de recurrencia observados para el recurso eólico en el país (IDEAM, 2017). Estos resultados reflejan la marcada estacionalidad de la velocidad del viento, modulada por la dinámica anual de la ZCIT y la circulación general atmosférica.

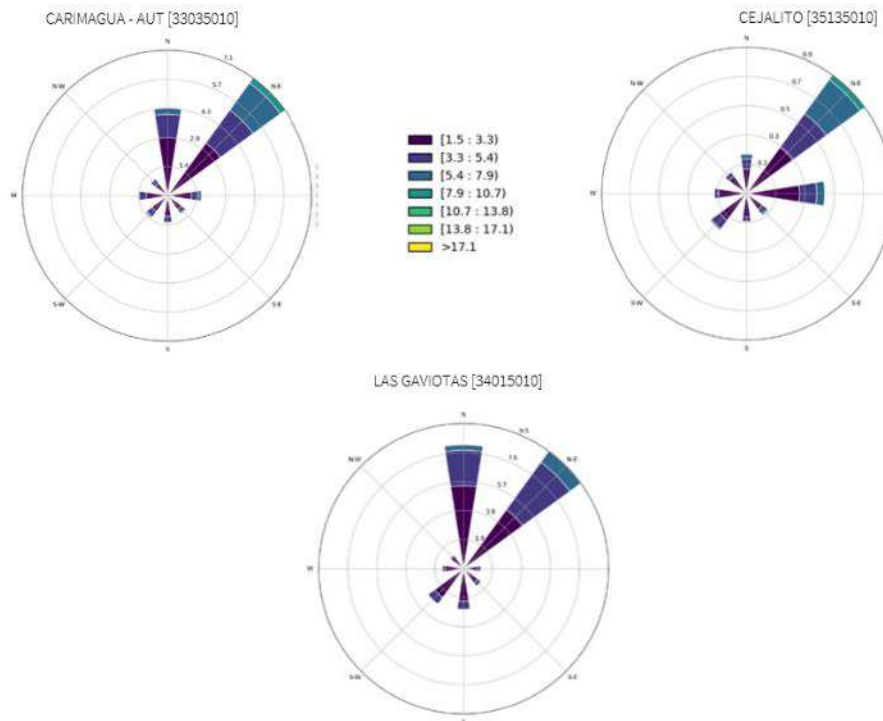
**Figura 28.** Velocidad del viento – promedio diario (24 h): media mensual multianual



**Fuente:** ANLA con base en datos del IDEAM,2025.

Las tres estaciones meteorológicas analizadas—Carimagua, Las Gaviotas y Cejalito—se ubican estratégicamente a lo largo del norte, oriente y occidente del área de estudio, permitiendo una cobertura representativa de la dinámica del viento en la región. En todas ellas se identifica una predominancia de vientos del noreste (NE), coherente con la influencia de los vientos alisios sobre la Orinoquía. Esta circulación predominante incide directamente en la distribución de humedad, el comportamiento de la temperatura y la propagación de incendios durante la temporada seca. Las diferencias en intensidad y frecuencia entre estaciones responden a variaciones locales en relieve, cobertura y posición geográfica, siendo Las Gaviotas y Carimagua las que presentan mayor intensidad de viento, mientras que Cejalito, al suroeste y en zona más baja, muestra velocidades más reducidas y patrones más dispersos

Figura 29 Dirección del viento (rosa de vientos)



Fuente: ANLA con base en datos del IDEAM, 2025.

En síntesis, el análisis climático histórico evidencia un régimen de precipitación monomodal, con máximos entre abril y octubre y un pico en junio, modulados principalmente por el desplazamiento estacional de la ZCIT. Las temperaturas muestran variabilidad moderada, el calor diurno se intensifica en la temporada seca (febrero–marzo) y las noches más frescas se concentran en enero y julio, de acuerdo con la nubosidad y la humedad ambiental. El ajuste Gumbel sugiere episodios térmicos inusualmente altos tanto de día como de noche. Finalmente, las rosas de viento indican predominio de flujos del noreste y norte, coherentes con la circulación típica de la Orinoquía y su acoplamiento con forzantes atmosféricos de gran escala.

### Análisis de la zonificación climática (Clasificación Caldas-Lang – IDEAM)

La zonificación Caldas-Lang confirma que el territorio se enmarca casi por completo en la categoría Cálido Semihúmedo ( $\approx 94\%$ ), lo que concuerda con la precipitación media anual de  $\sim 2\,425\text{ mm}$  y un régimen monomodal con estación seca definida; estos rasgos implican balances hídricos con déficits estacionales y mayor sensibilidad a la variabilidad ENSO. Solo pequeños focos del Cálido Húmedo ( $\approx 6\%$ ) muestran lluvias aún más altas y escasa sequía, coincidiendo con las zonas de llanura de baja altitud donde también se registran las temperaturas extremas más elevadas ( $> 44\text{ }^\circ\text{C}$ ). Este contraste térmico-pluviométrico refuerza la necesidad de diferenciar estrategias de manejo del recurso hídrico y de adaptación climática dentro del área de estudio.

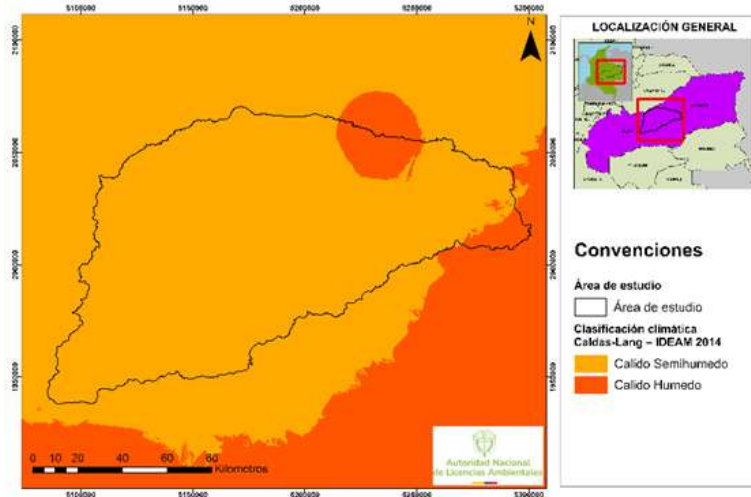
Tabla 28 Zonificación climática del área de estudio según la clasificación de Caldas-Lang

Clasificación Climática de Caldas Lang	% de área de estudio
cálido semihúmedo	94.2
Cálido húmedo	5.9

Fuente: ANLA, 2025, a partir de IDEAM, 2017



Figura 30. Zonificación climática del área de estudio según la clasificación de Caldas-Lang.



Fuente: ANLA, 2025, a partir de IDEAM, 2014

## B. PROYECCIONES CLIMÁTICAS FUTURAS BAJO ESCENARIOS SSP (2021–2100)

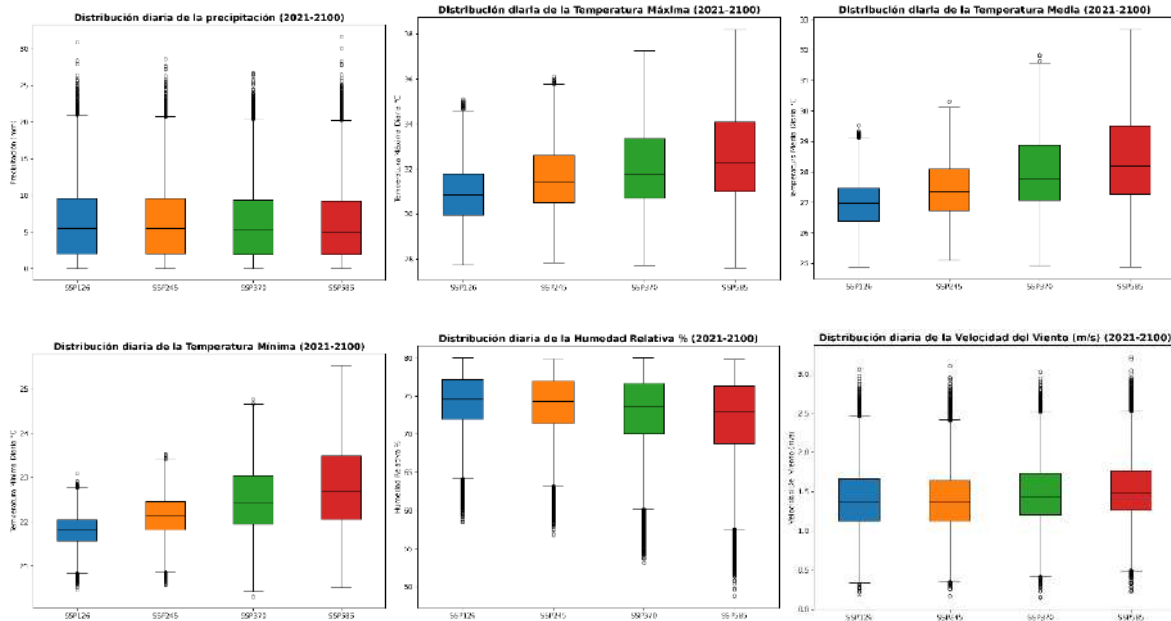
En este apartado se presentan proyecciones de cambio climático para variables como precipitación, temperatura, humedad y viento, basadas en los Escenarios Socioeconómicos Compartidos (SSP) del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para el periodo 2021–2100. Estas proyecciones no son predicciones, sino exploraciones de posibles futuros bajo diferentes condiciones de desarrollo y emisiones, lo que resulta clave para la planificación y toma de decisiones en contextos de incertidumbre climática.

Entre los escenarios analizados se encuentran:

- **SSP1-2.6:** Escenario sostenible con bajas emisiones.
- **SSP2-4.5:** Escenario intermedio o de desarrollo convencional.
- **SSP3-7.0:** Escenario regionalmente desigual con altas emisiones.
- **SSP5-8.5:** Escenario de desarrollo intensivo basado en combustibles fósiles, con emisiones muy altas.

Para enmarcar el estudio se identificará el escenario más crítico, entendido como la coincidencia de los mayores incrementos de temperatura, la reducción más pronunciada de la precipitación y la variabilidad climática más acentuada. Esta triple condición podría intensificar los impactos acumulativos en la región: la disminución de la disponibilidad hídrica afectaría tanto a los proyectos licenciados por la ANLA (principalmente del sector hidrocarburos, vigentes y prospectivos con permisos de captación) como a las actividades no licenciadas que dependen del recurso (agroindustria, agricultura, ganadería extensiva y expansión urbana) y, de manera prioritaria, al abastecimiento para consumo humano (acueductos urbanos y rurales) de las comunidades locales. El aumento de la temperatura, además de potenciar la evapotranspiración, incrementa la propensión a incendios forestales, acelera la pérdida de cobertura vegetal, degrada hábitats estratégicos (morichales y zonas ribereñas) y reduce la recarga hídrica, comprometiendo incluso la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. A su vez, la mayor variabilidad climática expone a todos los actores territoriales a eventos extremos más frecuentes (sequías prolongadas, avenidas torrenciales e inundaciones), incrementando la incertidumbre productiva y el riesgo socio-ecosistémico. En este contexto, los boxplots que se presentan a continuación permiten comparar el comportamiento de cada variable climática entre los diferentes escenarios y, así, determinar cuál converge en el escenario más crítico para el área de estudio, constituyendo el principal desafío para la planificación territorial y la adaptación climática.

Figura 31. Distribución diaria proyectada de variables climáticas bajo escenarios SSP (2021–2100)

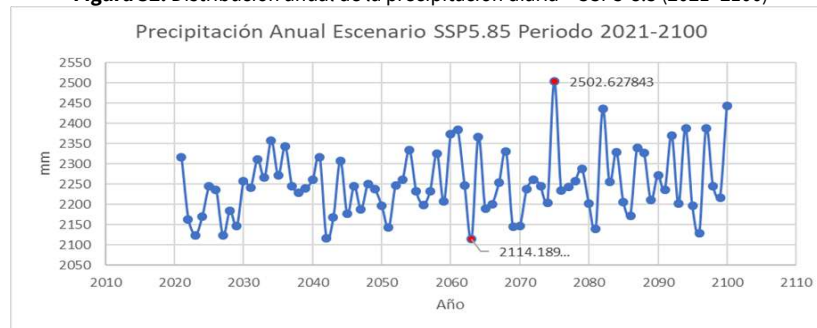


Fuente: ANLA, 2025

### Análisis y selección del escenario más crítico

Bajo el escenario SSP5-8.5 la precipitación mantiene una variabilidad interanual moderada, aunque se distinguen dos hitos: el año más seco, 2063 (2 114 mm), y el más lluvioso, 2075 (2 502 mm), lo que supone una amplitud de ~18 % respecto a la media proyectada (Ver Figura 32). No se observa una tendencia monótona robusta; a lo sumo se aprecia una señal positiva débil, sin evidencia de significancia estadística. Las temperaturas se mantienen elevadas en ambos años: en 2063 se estiman  $T_{máx} = 33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{mín} = 23.18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $T_{media} = 28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mientras que en 2075 las temperaturas suben ligeramente a  $T_{máx} = 34.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{mín} = 23.55\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $T_{media} = 29.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En conjunto, la persistencia de calor —independiente de si el año resulta relativamente seco o húmedo— anticipa estrés hídrico y térmico sostenido, con repercusiones en la gestión del agua, la productividad agropecuaria y la estabilidad de los ecosistemas.

Figura 32. Distribución anual de la precipitación diaria – SSP5-8.5 (2021–2100)



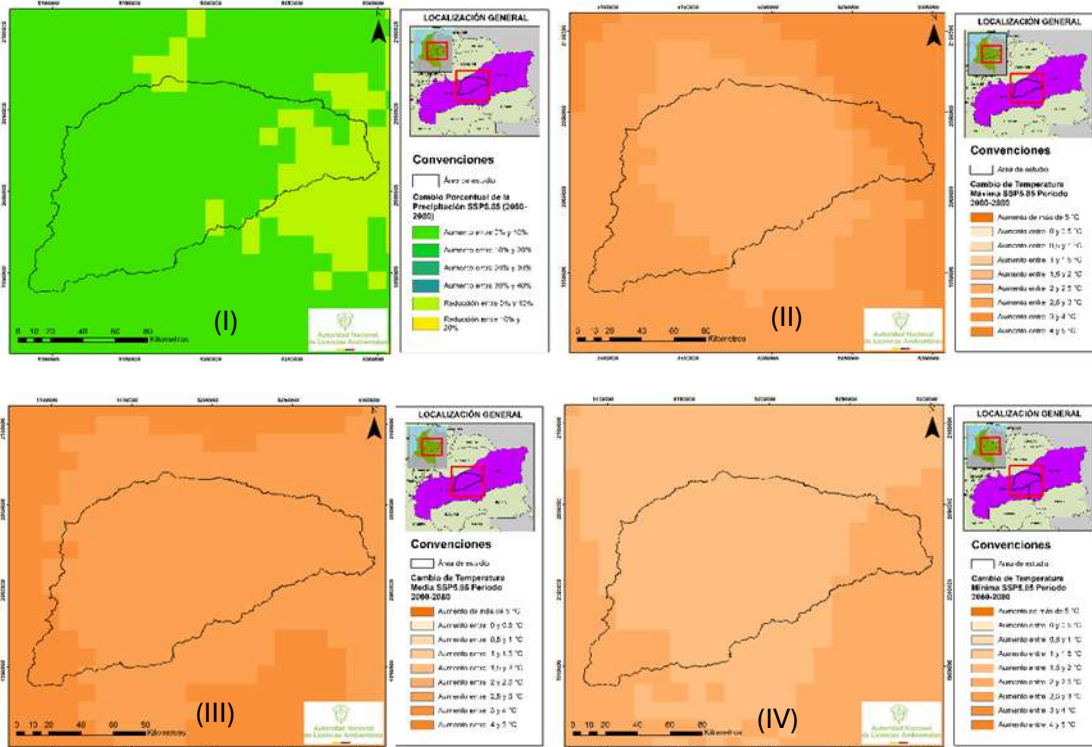
Fuente: ANLA, 2025

### Análisis espacial de variaciones climáticas proyectadas a corto plazo (2021–2040)

Bajo el escenario SSP5-8.5, las proyecciones climáticas a corto plazo (2021–2040) muestran un patrón de calentamiento sostenido en toda el área de estudio, acompañado de cambios moderados en la precipitación. En términos de lluvia, se observan aumentos entre 0 % y 10 % en la mayor parte del territorio, mientras que en sectores del norte y oriente se proyectan reducciones de hasta el 10 %, lo que, aunque leve, puede tener efectos

puntuales en zonas sensibles o de alta demanda hídrica. En cuanto a la temperatura, se prevé un incremento generalizado de entre +1.5 °C y +2 °C, lo que implica no solo días más calurosos, sino también noches más cálidas, reduciendo el alivio térmico y aumentando el estrés en cultivos, ecosistemas y poblaciones vulnerables. Este escenario refuerza la necesidad de fortalecer la planificación territorial, la gestión eficiente del recurso hídrico y la adaptación climática, especialmente en sectores expuestos o con alta dependencia climática como la agricultura, el abastecimiento de agua y los hábitats estratégicos.

**Figura 33** Cambio Porcentual de precipitación (I) Y Cambio de temperatura máxima (II), media (III) y mínima (IV) para el periodo 2021–2040.



Fuente: IDEAM, 2025

## XII. AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CLIMÁTICO

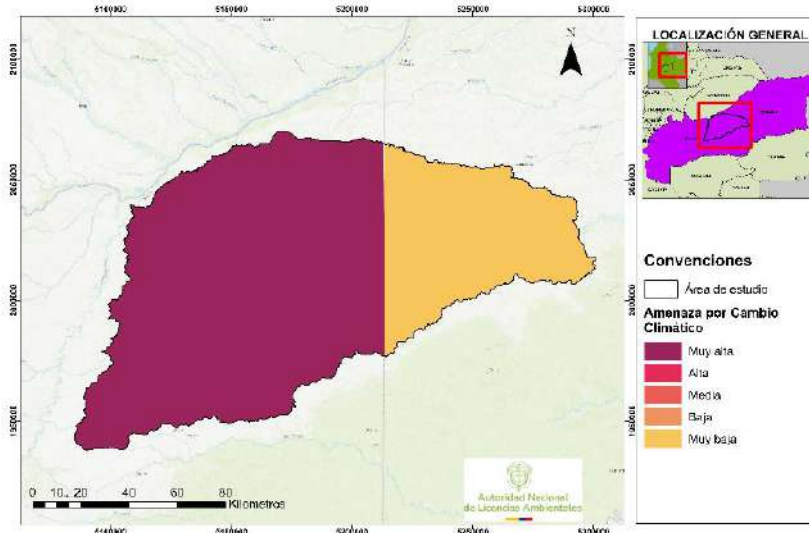
Este capítulo presenta el análisis integrado de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo frente al clima en la Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo. La información utilizada corresponde a los índices de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC, 2017) disponibles en la plataforma SIIVRA, complementada con la zonificación de áreas susceptibles a inundación generada por el IDEAM y con la información de infraestructura de proyectos licenciados registrada en la base de datos de la ANLA. Mediante álgebra de mapas, estos insumos se integraron para identificar áreas prioritarias para la adaptación y la gestión del riesgo climático en el territorio.

Se analizaron variables relacionadas con los medios hídrico y socioeconómico, integrando capas temáticas que representan tanto fenómenos climáticos extremos como la capacidad de respuesta del territorio ante estos eventos. Los resultados se presentan en tres componentes clave —amenaza, vulnerabilidad y riesgo—, cada uno clasificado en cinco niveles de intensidad: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

## A. AMENAZA

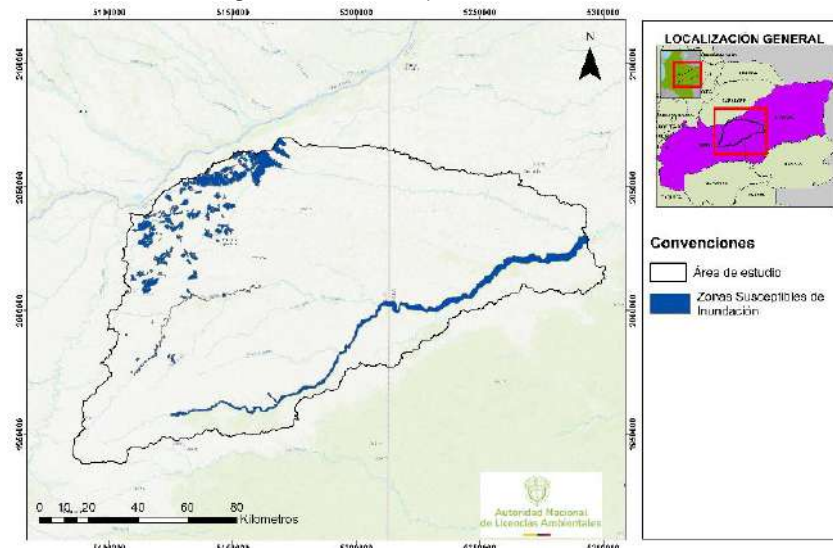
El análisis de amenaza en el área de estudio se construyó a La capa compuesta de amenaza se fundamenta en dos insumos oficiales: (i) el Índice de Amenaza por Cambio Climático de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (TCNCC), elaborado por el IDEAM en coordinación con el MADS y el DNP, con apoyo del PNUD (2017; consultado en SIIVRA en su versión vigente), que sintetiza la propensión del territorio a impactos climáticos proyectados bajo escenarios de cambio climático; y (ii) la Zonificación de áreas susceptibles a inundación del IDEAM (producto institucional; versión vigente en SIIVRA, consulta 2025), que delimita sectores con probabilidad actual de desbordamientos a partir de condiciones morfológicas, hidrológicas y registros históricos. Estas dos capas proporcionan, respectivamente, una visión prospectiva (cambio climático) y actual (susceptibilidad a inundaciones) de la amenaza en el territorio.

Figura 34. Amenaza por cambio climático



Fuente: IDEAM, 2025

Figura 35. Zonas Susceptibles de Inundación

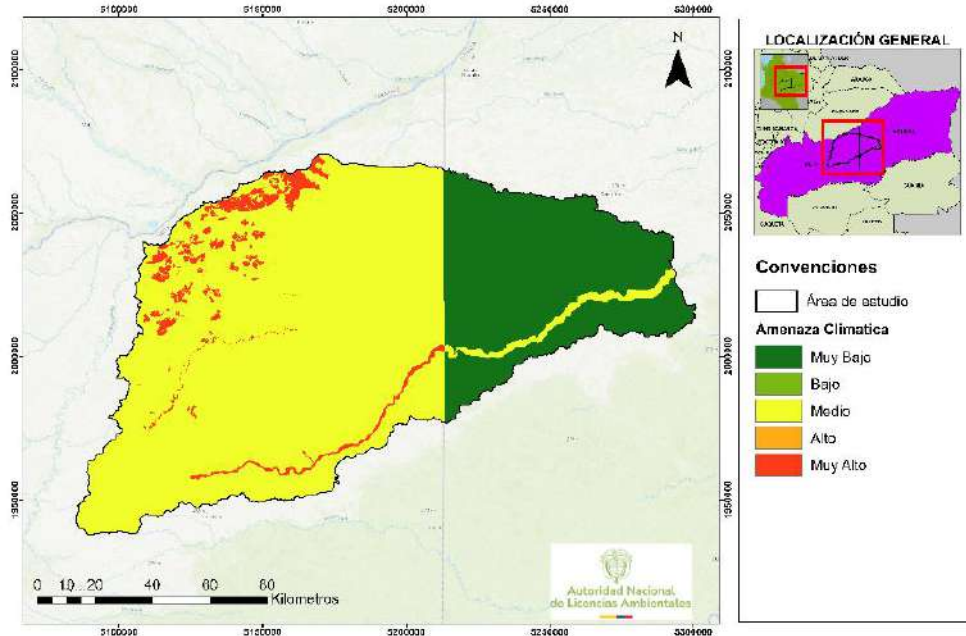


Fuente: IDEAM – Geoportal/SIG-IDEAM, Zonas susceptibles de inundación (ZSI). Publicación: 2017, escala 1:100 000; insumo altimétrico MDT  $\approx 30$  m

Para la generación de la capa compuesta de amenaza, se aplicó un método de ponderación multicriterio, asignando un peso del 50 % al índice de amenaza por cambio climático y un 50 % a la zonificación de zonas

susceptibles a inundación, con el fin de equilibrar la influencia de amenazas proyectadas derivadas de variaciones climáticas a largo plazo con amenazas actuales asociadas a la dinámica hidrológica del territorio; el resultado integra la exposición potencial a los efectos del cambio climático y la presencia de áreas propensas a inundaciones recurrentes, clasificándose en cinco categorías –muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto– que facilitan la identificación y priorización de zonas críticas para la gestión del riesgo y la planificación territorial.

Figura 36. Mapa de amenaza frente a eventos extremos en el área de estudio



Fuente: ANLA,2025

La capa integrada de amenaza climática para la SZH del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo, construida a partir del cruce del índice de amenaza por cambio climático (TCNCC,2017) y la zonificación de áreas susceptibles a inundación (IDEAM,2017), muestra una predominancia de niveles medios de amenaza en gran parte del sector occidental y central, especialmente en las planicies y sabanas inundables asociadas a los cursos principales de agua. Las amenazas altas y muy altas se concentran en zonas con mayor exposición a inundaciones recurrentes, como áreas bajas y planas con drenaje deficiente, mientras que las amenazas bajas y muy bajas se localizan principalmente hacia el oriente, donde la influencia de estos factores es menor. Esta distribución evidencia la importancia de priorizar acciones de adaptación y reducción del riesgo en las áreas con mayor nivel de amenaza, particularmente en las zonas de planicie aluvial y en las márgenes de los ríos principales

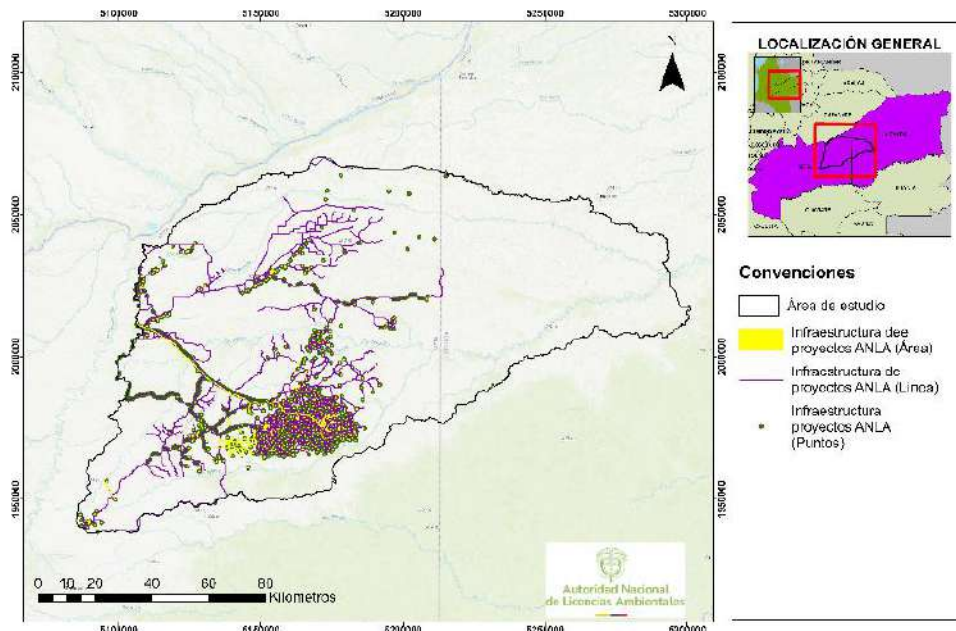
## B. VULNERABILIDAD

El análisis de vulnerabilidad para la SZH del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo, se basó en dos insumos principales: la capacidad adaptativa territorial y la infraestructura de proyectos licenciados por la ANLA. La capacidad adaptativa, suministrada por el IDEAM, refleja la habilidad del territorio para responder y ajustarse ante los impactos del cambio climático, clasificando las áreas desde muy alta hasta muy baja capacidad. Por su parte, la infraestructura licenciada representa puntos, líneas y áreas donde las intervenciones humanas incrementan la exposición a amenazas naturales y climáticas.

La combinación de estos factores permitió construir un índice de vulnerabilidad que integra tanto la capacidad de respuesta como la exposición territorial. Este índice facilita la identificación de zonas críticas donde se requiere priorizar medidas de adaptación y gestión del riesgo, considerando las particularidades de un

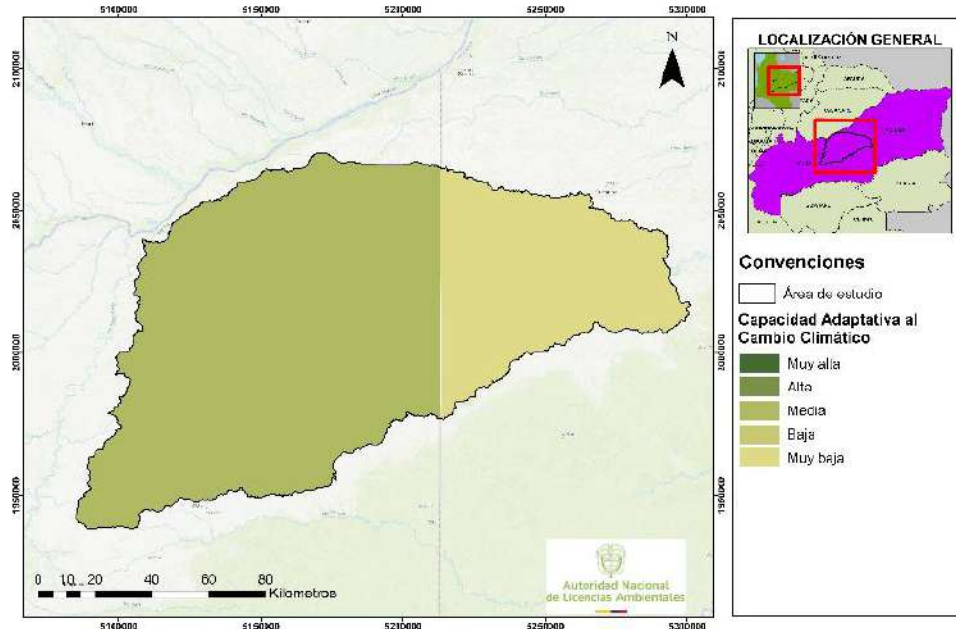
territorio con alta importancia ambiental y presencia de proyectos que pueden influir en su resiliencia frente a eventos climáticos extremos.

Figura 37. Infraestructura de proyectos licenciados por la ANLA



Fuente: ANLA, 2025

Figura 38. Índice de capacidad adaptativa de los territorios.

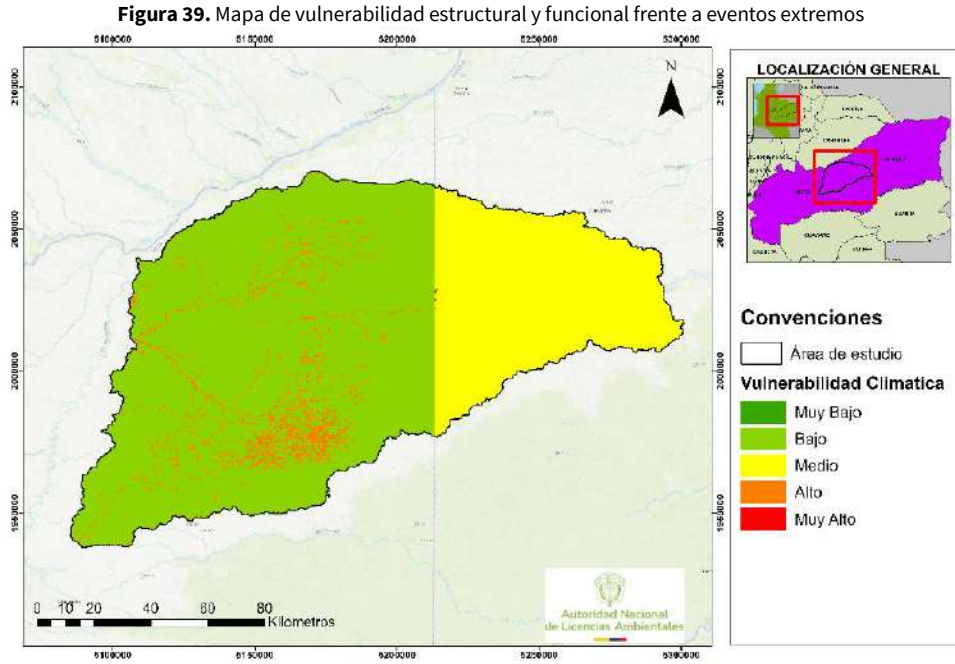


Fuente: IDEAM, 2017

Para la generación de la capa compuesta de vulnerabilidad, se aplicó un método de ponderación multicriterio, asignando un peso del 50 % a la capacidad adaptativa y un 50 % a la infraestructura licenciada. Esta ponderación buscó equilibrar la influencia de ambos factores, integrando en un único índice tanto la capacidad de respuesta del territorio como su grado de exposición. El resultado final permite identificar zonas

críticas donde se requiere priorizar acciones de adaptación y gestión del riesgo, considerando las características ambientales y el grado de intervención antrópica presente en la región.

La capa compuesta resultante fue clasificada en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, permitiendo una interpretación clara de los niveles de vulnerabilidad presentes en el territorio.

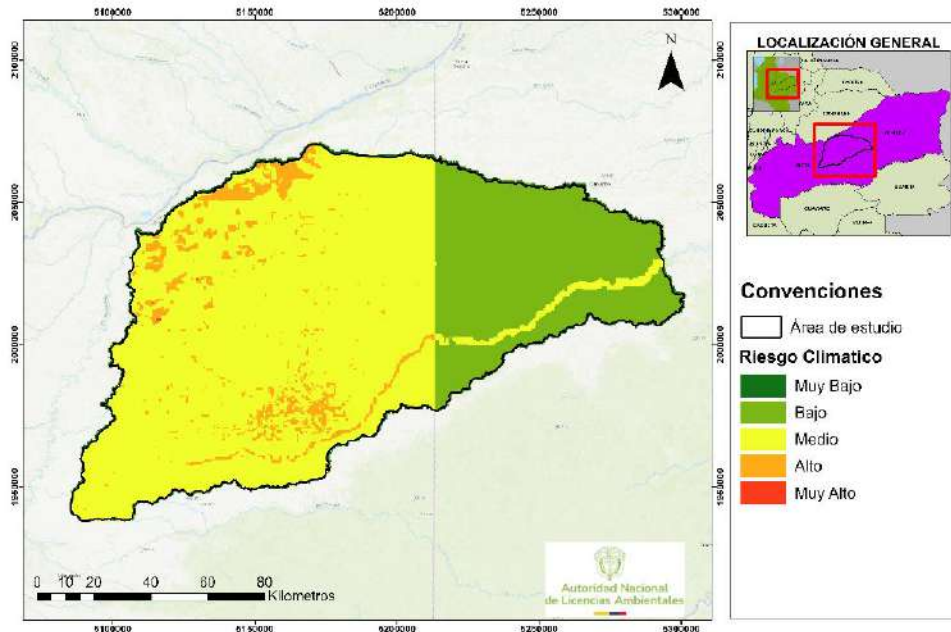


Fuente: ANLA, 2025

El análisis de vulnerabilidad climática en la SZH del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo revela una clara dualidad en el territorio. La mayor parte del sector occidental, en el departamento del Meta, presenta una vulnerabilidad general baja debido a su capacidad adaptativa muy alta. No obstante, esta resiliencia se ve comprometida en las zonas donde se concentra la infraestructura de proyectos licenciados por la ANLA, lo que eleva la vulnerabilidad a un nivel alto. Esto demuestra cómo la exposición localizada es un factor de riesgo crítico, incluso en áreas con una alta capacidad de respuesta. En contraste, el sector oriental del área de estudio, que pertenece al departamento del Alto Vichada, se clasifica con una vulnerabilidad media. A pesar de que esta zona carece de infraestructura de proyectos de la ANLA, su capacidad adaptativa muy baja es el factor determinante que aumenta la vulnerabilidad, convirtiéndola en una región de alta prioridad para la implementación de medidas de adaptación y gestión climática.

## C. RIESGO

Figura 40. Riesgo frente a eventos extremos en el área de estudio.



Fuente: ANLA, 2025

El análisis del riesgo climático en la SZH del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo se deriva de la superposición de las capas temáticas de amenaza y vulnerabilidad climática, evidenciando una zonificación diferenciada.

El mapa de riesgo resultante muestra una clara distribución geográfica. El sector oriental presenta un riesgo bajo, principalmente debido a una amenaza climática baja, a pesar de tener una vulnerabilidad media. En contraste, la zona occidental se caracteriza por niveles de riesgo medio y alto, resultado de la combinación de una amenaza climática media (por proximidad a cuerpos de agua y zonas inundables) y una vulnerabilidad que, si bien es baja en general, tiene puntos de vulnerabilidad alta por la infraestructura de proyectos.

Específicamente, los proyectos identificados en la categoría de riesgo muy alto son: LAM4978, LAV0011-14, LAV0021-00-2023 y LAV0041-13. Estos proyectos presentan una vulnerabilidad alta debido a que su infraestructura se localiza en zonas con una amenaza alta por cambio climático, además de estar emplazada en áreas susceptibles a inundación. La conjunción de estos factores eleva el riesgo a su nivel máximo.

## XIII. MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN A EVENTOS EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO.

A nivel nacional, las emisiones netas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se estiman en un promedio anual de aproximadamente 294 MtCO<sub>2</sub>e (BTR-1, 2023), siendo los sectores Energía y AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo asociados a intervención antrópica) las principales fuentes emisoras. El sector Energía aporta cerca del 32,71 % del total nacional, principalmente por las emisiones derivadas de la explotación y uso de hidrocarburos, así como de la generación eléctrica. Por su parte, el AFOLU asociado a actividades humanas contribuye con aproximadamente el 38,14 %, reflejando el peso de las prácticas agropecuarias, el cambio de uso del suelo y otras intervenciones sobre la cobertura vegetal. En conjunto, estos sectores representan alrededor del 70,85 % de las emisiones netas reportadas en el país. En el ámbito regional, el área de estudio – localizada entre los departamentos del Meta y Vichada – presenta una configuración productiva y un uso del

suelo concordantes con estos sectores: amplias extensiones de pastos y coberturas destinadas a la ganadería y agricultura, así como una elevada concentración de proyectos licenciados por la ANLA en el sector de hidrocarburos, lo que sugiere una alta contribución relativa potencial a las emisiones nacionales al estar dominada por actividades que, a escala país, concentran la mayor proporción de GEI.

En el marco de los compromisos nacionales frente al cambio climático, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) incorpora obligaciones climáticas dentro del licenciamiento ambiental, que incluyen medidas tanto de mitigación como de adaptación. Para orientar la aplicación de estas obligaciones, la ANLA ha desarrollado instrumentos diferenciados según el tipo de usuario. Para uso interno, se cuenta con el *Árbol de decisiones para la imposición de obligaciones de cambio climático* que define el procedimiento técnico y jurídico para determinar cuándo y cómo imponer estas obligaciones en los proyectos licenciados. Para usuarios externos, se dispone del

*Portafolio de Buenas Prácticas en Cambio Climático*, por sector, que sirve como guía para la implementación voluntaria y efectiva de estas medidas, facilitando el cumplimiento de los compromisos adquiridos en materia climática.

## A. MITIGACIÓN

La Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente estableció el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) y el Registro Nacional de Reducción y Remoción de Emisiones de GEI (RENARE). Esta normativa fue reforzada por la Resolución 418 de 2024, que articuló el RENARE con otros sistemas de información climática.

En este contexto, la ANLA impone a los proyectos con emisiones significativas la presentación de inventarios de GEI, recomendando el uso de metodologías como el GHG Protocol y la ISO 14064. Estas metodologías clasifican las emisiones en tres alcances:

- **Alcance 1:** Emisiones directas del proyecto.
- **Alcance 2:** Emisiones indirectas por consumo de energía.
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas.

En la siguiente tabla se encuentran los proyectos con la obligación de cambio climático, en lo referente a emisiones y mitigación, todos del sector de hidrocarburos licenciados por la ANLA.

**Tabla 29. Proyectos con Obligación de cambio climático**

Expediente/ Sector	Titular / Proyecto	Obligación en Emisiones	Mitigación en Resumen	Estado de la Obligación en Emisiones (corte 2025)
LAM0019 – Hidrocarburos	Ecopetrol S.A.- Explotación de Hidrocarburos en el Campo Rubiales	Presentar inventario de emisiones de GEI (CH <sub>4</sub> y CO <sub>2</sub> ) de: (1) combustión en calderas y generadores, (2) emisiones fugitivas, (3) fuentes móviles, (4) teas y venteos.	Elaborar programa de mitigación de emisiones con base en resultados, en el marco del PIGCC y lineamientos IPCC; incluir medidas de reducción en fuentes fijas y móviles.	No aplica en este seguimiento: sociedad se encuentra en plazo para presentar el ICA 26. Se verificará en el próximo seguimiento.
LAM4221 – Hidrocarburos	Hocol S.A. - Campo de Explotación de Hidrocarburos Ocelote – Guarrojo	Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O provenientes de combustión en calderas, motogeneradores y venteo de gas.	Plan de compensación por emisiones atmosféricas, control de emisiones fugitivas, eficiencia en equipos de combustión.	Cumplimiento en curso: se verificó entrega de inventario de emisiones y avance en implementación de compensaciones.
LAM4795 – Hidrocarburos	Frontera Energy Colombia Corp. - Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa	Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de actividades de quema, vent Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de actividades de quema, venteo, motogeneradores y fuentes	Desarrollar e implementar un programa de mitigación de emisiones (eficiencia energética, reducción de venteo, control en fuentes móviles), conforme a PIGCC e IPCC.	Incumple: seguimiento evidenció ausencia de inventario actualizado y plan de mitigación → apertura de procedimiento sancionatorio.

		móviles, motores, motogeneradores y fuentes móviles.		
<b>LAM5506 – Hidrocarburos</b>	Frontera Energy Colombia Corp. - Bloque de Explotación CPE-6 – Área de Desarrollo Fase 1	Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O, e incluir contaminantes criterio (NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM) de fuentes fijas, móviles y venteos.	Plan de reducción y compensación (Res. 1560/2022, 2858/2024), eficiencia energética, actualización de plan de cambio climático.	Seguimiento activo: se solicitaron soportes adicionales y ajustes al cronograma.
<b>LAV0021-00-2023 – Hidrocarburos</b>	Oleoducto de los Llanos Orientales S.A. - Interconexión Campo Mago – ODL	Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de actividades de combustión en maquinaria, transporte y generación de polvo por movimiento de suelos.	Control de polvo en obra, mantenimiento de maquinaria, compensación por emisiones de construcción.	Cumplimiento parcial: controles aplicados, se reiteran medidas adicionales.
<b>LAV0041-13 – Hidrocarburos</b>	Tecpetrol Colombia S.A.S. - Área de Explotación Pendare – Bloque CPO-13	Presentar inventario de emisiones de GEI de CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> y N <sub>2</sub> O de actividades de plataformas de producción, motogeneradores y transporte interno.	Implementación del plan de compensación (Res. 1911/2022), control en fuentes fijas y móviles.	Cumplimiento parcial: seguimiento 2024 formuló requerimientos adicionales.

Fuente: ANLA, 2025

## B. ADAPTACIÓN

En el marco de las obligaciones de cambio climático, se identificó que todos los proyectos con Obligación de Cambio Climático —excepto el expediente LAM0019— cuentan con compromisos explícitos en materia de adaptación al cambio climático. Estas obligaciones se centran en:

- Realizar un análisis de vulnerabilidad y riesgo climático en el área de influencia del proyecto.
- Implementar medidas de adaptación —y sus acciones asociadas— que fortalezcan la resiliencia de las operaciones y de las comunidades frente a eventos climáticos extremos.
- Incluir dichas acciones en el Plan de Gestión de Cambio Climático - PGCC con indicadores verificables de implementación y resultados.

De este modo, mientras que LAM0019 se concentra en obligaciones de mitigación e inventarios de GEI, expedientes como LAM4221, LAM4795, LAM5506, LAV0021 y LAV0041 también deben incorporar medidas específicas de adaptación sectorial y transversal.

Con base en la revisión de obligaciones, se observa que las exigencias de mitigación están mejor estandarizadas que las de adaptación; por ello se priorizan acciones concretas para fortalecer la adaptación en los proyectos con ODC.

La ANLA ha desarrollado el Portafolio de Buenas Prácticas para la Adaptación al Cambio Climático, que opera como guía técnica de uso voluntario para orientar la identificación e implementación de medidas que reduzcan la vulnerabilidad de los proyectos frente a la variabilidad y el cambio climático. Aunque su aplicación no constituye una obligación legal, el portafolio es un insumo técnico valioso para fortalecer la sostenibilidad de las operaciones y la capacidad de respuesta de los titulares de licencia. Lo voluntario es la guía; las medidas de adaptación exigidas en las licencias —cuando existen— son de cumplimiento obligatorio y deben incorporarse en el Plan de Gestión de Cambio Climático (PGCC) con indicadores verificables de implementación y resultados. En este portafolio se incluyen lineamientos aplicables en distintos sectores:

- Infraestructura: medidas de drenaje y control de aguas superficiales para mitigar afectaciones por inundaciones.
- Transversal: aplicación de superficies termorreguladoras (techos verdes, recubrimientos aislantes) y renaturalización de rondas hídricas para incrementar la capacidad de regulación natural del agua.



- Hidrocarburos: modernización tecnológica y optimización de procesos para reducir vulnerabilidades operativas y sociales durante periodos de lluvias extremas

En síntesis, se propone reforzar la adaptación con medidas sectoriales y transversales sustentadas en el Portafolio (como insumo técnico) y formalizarlas en el PGCC de cada proyecto, sin perjuicio de las obligaciones vigentes en la licencia.

De acuerdo con el capítulo de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo (AVR), el nivel de riesgo está determinado principalmente por la ubicación de la infraestructura, la capacidad adaptativa del territorio y la presencia de planicies y márgenes de ríos susceptibles a inundación. En este ejercicio no se clasificaron proyectos, sino que se realizó una zonificación de riesgo, a partir de la cual se identificó que algunas infraestructuras se encuentran ubicadas en áreas con riesgo muy alto, alto o medio. Esta zonificación orienta la aplicación diferenciada de medidas de adaptación en función de la exposición y vulnerabilidad de cada proyecto.

En las zonas de riesgo muy alto, la infraestructura de los proyectos se encuentra directamente emplazada sobre áreas de amenaza muy alta de inundación. En esta categoría se ubican LAM4795 – Quifa, LAV0011-14, LAV0021-00-2023 – Interconexión Campo Mago – ODL y LAV0041-13 – Pendare – CPO-13. Para estas condiciones, el *Portafolio de Buenas Prácticas* recomienda medidas estructurales y de carácter prioritario, tales como la renaturalización de rondas hídricas para restituir la capacidad natural de regulación del agua, la construcción y mantenimiento de drenajes y canales de alivio que permitan evacuar crecientes, la implementación de diques de protección localizados, y el diseño de planes de contingencia robustos frente a eventos de inundación recurrentes.

Las zonas de riesgo alto presentan probabilidad significativa de inundación sin llegar al nivel crítico. Aquí las medidas de adaptación deben centrarse en el fortalecimiento preventivo de la resiliencia, como el mejoramiento de los sistemas de drenaje en campamentos y facilidades, la gestión comunitaria del riesgo, la implementación de superficies termorreguladoras en áreas sensibles y la optimización del manejo de aguas pluviales para reducir el impacto de crecientes súbitas.

Finalmente, en las zonas de riesgo medio la probabilidad de afectación por inundaciones es moderada. En estos casos, los proyectos pueden operar de manera más estable siempre que adopten medidas de gestión adaptativa progresiva, entre las que se destacan la gestión eficiente del recurso hídrico, la incorporación de techos verdes y recubrimientos aislantes en edificaciones, y la consolidación de sistemas de monitoreo climático que anticipen y alerten sobre la intensificación de los riesgos.

En conclusión, los resultados del AVR permiten orientar la aplicación del *Portafolio de Buenas Prácticas en Cambio Climático* de manera diferenciada: los proyectos cuya infraestructura se encuentra sobre zonas de amenaza muy alta requieren medidas estructurales inmediatas, los de riesgo alto deben fortalecer su capacidad de prevención y respuesta, mientras que los de riesgo medio pueden avanzar en estrategias adaptativas progresivas y monitoreo constante.

Como parte de sus acciones institucionales para fortalecer la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo, la ANLA puso en marcha una herramienta estratégica de apoyo denominada Tablero de control "Reporte de variabilidad climática". Esta plataforma reúne información histórica y proyecciones sobre variables como precipitación, temperatura y humedad, y está articulada con sistemas de pronóstico hidrológico como el FEWS del IDEAM, lo que amplía su capacidad de anticipación.

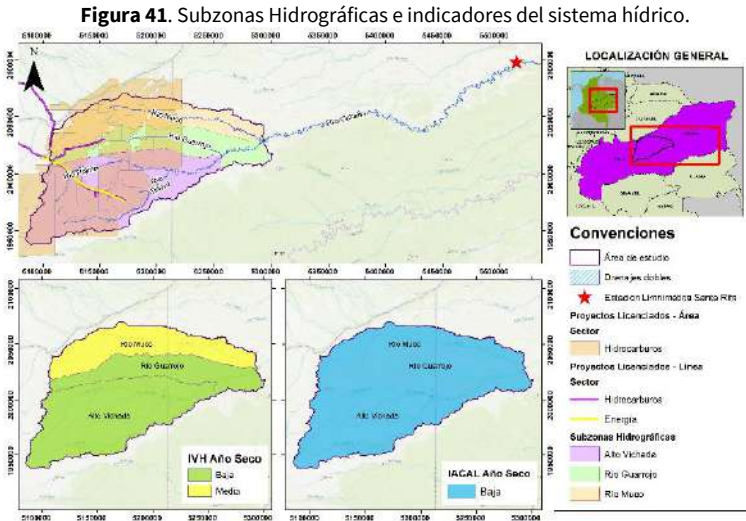
Para los proyectos licenciados, el tablero permite realizar un seguimiento climático en tiempo real y activar alertas tempranas, apoyando la adopción de medidas preventivas, correctivas o de contingencia frente a eventos climáticos extremos. De esta forma, facilita la toma de decisiones basada en información técnica actualizada y contribuye a una gestión más eficiente de los riesgos asociados al clima.

El acceso al tablero puede hacerse a través del siguiente enlace: [Tablero de control "Reporte de variabilidad climática"](#)

## XIV. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE HÍDRICO SUPERFICIAL

### A. CONDICIÓN REGIONAL – INDICADORES HIDROLÓGICOS

En el área de estudio definida para el presente análisis regional se incluyen tres Subzonas Hidrográficas (SZH): Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (Figura 41). En estas subzonas, el porcentaje de ocupación del territorio por proyectos licenciados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es considerable, destacándose la SZH Alto Vichada con un 73.3 % de su superficie, seguida por la SZH Río Muco con un 65.57 % y la SZH Río Guarrojo con un 45.11 %.



Fuente: ANLA, 2025, adaptado de IDEAM, 2022 y SIRH, 2025.

Como parte del diagnóstico del componente hídrico superficial, se analizaron las condiciones de oferta, demanda y calidad del recurso hídrico, a partir de indicadores técnicos derivados del Estudio Nacional del Agua (ENA), publicado por el IDEAM en 2022 (ver Tabla 30). En la Figura 41 se presentan los resultados de los índices de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH) e Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL), los cuales permiten caracterizar la disponibilidad y presión sobre el recurso en cada subzona.

**Tabla 30.** Índices hidrológicos y permisos de captación y de vertimiento a cuerpos de agua superficial autorizados en cada SZH.

Subzona Hidrográfica (SZH)		Oferta Hídrica Disponible (OHD) (millones m <sup>3</sup> )		Índice de Regulación Hídrica (IRH)	Índice de Uso del Agua (IUA)		Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento (IVH)		Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua		Permisos de captación de agua superficial			Permisos de vertimientos a cuerpos de agua		
Código	Nombre SZH	Año medio	Año seco	Año medio	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	Año medio	Año seco	No.	Caudal L/s	Caudal Mm <sup>3</sup> /año	No.	Caudal L/s	Caudal Mm <sup>3</sup> /año
3301	Alto Vichada	7387	2912	Moderada	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	85	318	10,02	16	1391,62	43,9
3302	Río Guarrojo	4271	1682	Moderada	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	38	98	3,09	4	218,4	6,9
3303	Río Muco	3974	1602	Moderada	Baja	Moderada	Baja	Medio	Baja	Baja	32	87	2,74	3	9,5	0,3

Fuente: ANLA, 2025, adaptado de IDEAM, 2022 y SIRH, 2025.

De acuerdo con los datos analizados, las tres SZH presentan una condición general de baja vulnerabilidad al desabastecimiento y baja presión por uso del agua, lo cual está relacionado con los valores de Oferta Hídrica Disponible (OHD) en los diferentes escenarios climáticos. En año seco, se registra una OHD de 2912 Mm<sup>3</sup> para Alto Vichada, 1682 Mm<sup>3</sup> para Río Guarrojo y 1602 Mm<sup>3</sup> para Río Muco. Aunque los valores en año seco son significativamente menores frente a los años húmedos y medios, aún reflejan una disponibilidad suficiente del recurso frente a las demandas actuales. En ese sentido, el IUA se clasifica como “bajo” para Alto Vichada y Río Guarrojo, y “moderado” para Río Muco, indicando un nivel de aprovechamiento controlado del recurso. En cuanto al IRH, las tres subzonas presentan una categoría “moderada”, lo que sugiere una capacidad de regulación media de los ecosistemas frente a escenarios de variabilidad climática. Por su parte, el IVH mantiene una categoría “baja” en todo el territorio evaluado. Respecto al IACAL, los resultados evidencian un bajo nivel de alteración potencial de la calidad del agua tanto en año medio como en año seco.



En relación con los permisos de captación de agua superficial, se identifican diferencias significativas en el número y volumen de caudal autorizado entre las subzonas. La SZH Alto Vichada concentra 85 permisos, con un caudal total concesionado de 317.65 L/s, lo que representa el mayor volumen en comparación con Río Guarrojo (38 permisos, 97.94 L/s) y Río Muco (32 permisos, 86.95 L/s). Al analizar la distribución de las autoridades otorgantes, se observa que en Alto Vichada el 95 % de los permisos corresponden a la ANLA y solo un 5 % a CORMACARENA de acuerdo con lo reportado en el SIRH<sup>3</sup>; en Río Guarrojo, la ANLA concentra un 68 % y el SIRH un 32 %; mientras que en Río Muco la participación de la ANLA alcanza el 91 %, frente a un 9 % del SIRH.

Adicionalmente, se observan restricciones de caudal por parte de la ANLA según la temporada climática, con mayores valores concesionados entre los meses de abril y agosto, y reducciones notorias durante los primeros meses del año (enero a marzo). Esta variabilidad mensual responde a la aplicación de criterios de manejo estacional del agua en función de la disponibilidad y de la época seca en la región. No obstante, al comparar el caudal total concesionado (15.85 Mm<sup>3</sup>/año) con la demanda hídrica reportada por el ENA 2022 (299.6 Mm<sup>3</sup>/año), se evidencia una diferencia considerable, lo que sugiere la posible existencia de vacíos en el registro de permisos o de captaciones que no cuentan con autorización formal ante la autoridad competente.

Finalmente, de acuerdo con los datos del ENA 2022, la demanda hídrica anual estimada asciende a 82 Mm<sup>3</sup> en la SZH Alto Vichada, 53 Mm<sup>3</sup> en Río Guarrojo y 164 Mm<sup>3</sup> en Río Muco. Estas cifras son notablemente inferiores a la oferta hídrica total registrada en los diferentes escenarios climáticos (3727 Mm<sup>3</sup>, 2153 Mm<sup>3</sup> y 2051 Mm<sup>3</sup>, respectivamente), lo que evidencia una amplia disponibilidad del recurso y la ausencia de presión significativa sobre la oferta hídrica a nivel regional, aunque no exento de riesgos locales asociados a la concentración de captaciones y a la variabilidad estacional del caudal.

En cuanto a los permisos de vertimiento a cuerpos de agua, se registran 16 permisos en Alto Vichada con un caudal total de 1391.62 L/s, 4 permisos en Río Guarrojo (218.4 L/s) y 3 permisos en Río Muco (9.5 L/s). Cabe resaltar que estos valores corresponden a caudales acumulados autorizados por subzona, por lo que constituyen una síntesis de caudales otorgados, no necesariamente del vertimiento real. Tras la revisión de los Conceptos Técnicos asociados a los expedientes con estos permisos, se evidenció según lo reportado en los Informes de Cumplimiento Ambiental una tendencia de no uso de las autorizaciones durante los últimos cuatro años (2021-2024).

Se identificó que únicamente el expediente LAM0019 ha mantenido uso activo de los vertimientos en los últimos años, mientras que los demás permisos no se han utilizado, ya sea por la implementación de mecanismos alternativos de disposición autorizados, como entrega a terceros (LAM2965) o reinyección del 100 % de las aguas de producción (LAM2997), o debido a que se encuentran en procesos de desmantelamiento y abandono, sin uso reciente de los permisos (LAM3605, LAM4973, LAM5089). En el caso de las captaciones, se identificó un comportamiento similar, donde únicamente algunos expedientes han reportado uso reciente, entre ellos LAM0019, LAM2965, LAM4352, LAM5089, LAM5281, LAM5506, LAV0012-00-2018, LAV0033-00-2015 y LAV0041-13, y no de forma constante para todos los puntos autorizados ni en todos los años revisados.

En este sentido, los caudales reales de captación y vertimiento pueden ser considerablemente inferiores a los autorizados y variar en el tiempo, dependiendo de la operación de las actividades y los mecanismos de gestión implementados por cada titular.

<sup>3</sup> Los resultados analizados no provienen de cifras oficiales del IDEAM, se obtienen a partir de la interpretación propia del reporte de CORMACARENA a corte de 5 de abril de 2025.

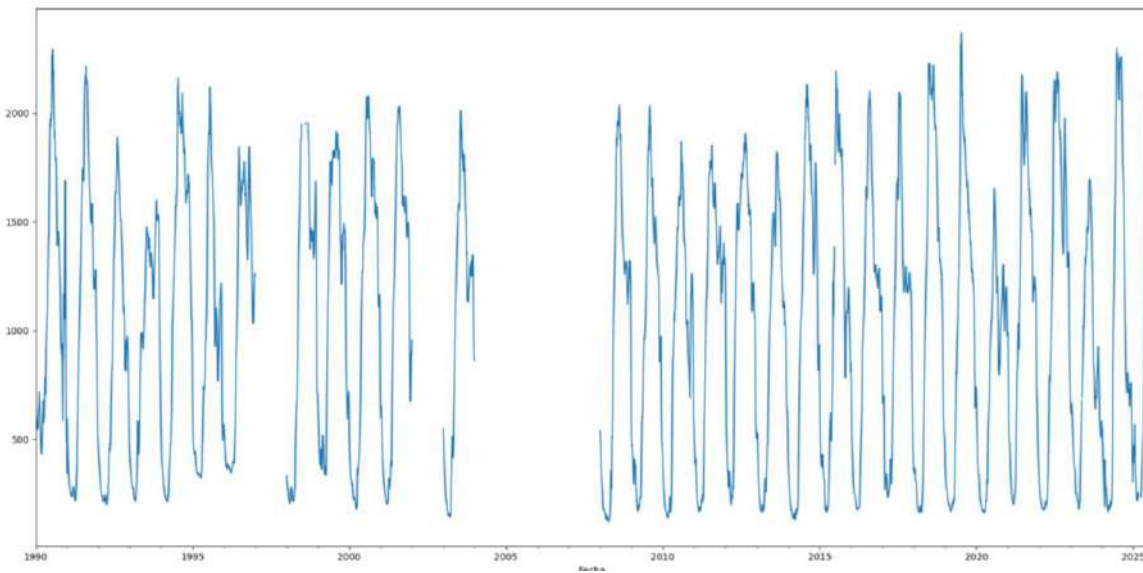


## B. CONDICIÓN REGIONAL - CANTIDAD DE AGUA

### Caudales.

La cuenca alta del río Vichada, localizada en la altillanura del oriente colombiano, integra el drenaje de tres Subzonas Hidrográficas (SZH): Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco. En este sector, la dinámica hídrica está determinada principalmente por la confluencia de los ríos Muco y Guarrojo con el río Tillavá, este último considerado el eje estructurante de la SZH Alto Vichada. El río Tillavá recoge las aguas provenientes del caño Rubiales antes de unirse con el río Planas, dando origen a la corriente principal del río Vichada. Si bien en el área de estudio no se cuenta con estaciones hidrológicas que permitan caracterizar directamente la variabilidad de caudales en estos afluentes, la estación limnimétrica Santa Rita [33077010], ubicada aguas abajo sobre el cauce principal del río Vichada, constituye el punto de monitoreo más próximo y representativo para este análisis, la cual se señala en la Figura 41. Esta estación capta la integración de los caudales provenientes de las tres SZH mencionadas, aunque también recibe aportes adicionales de drenajes secundarios y caños de bajo caudal antes de su ubicación definitiva.

**Figura 42.** Serie de caudales anual estación Santa Rita.



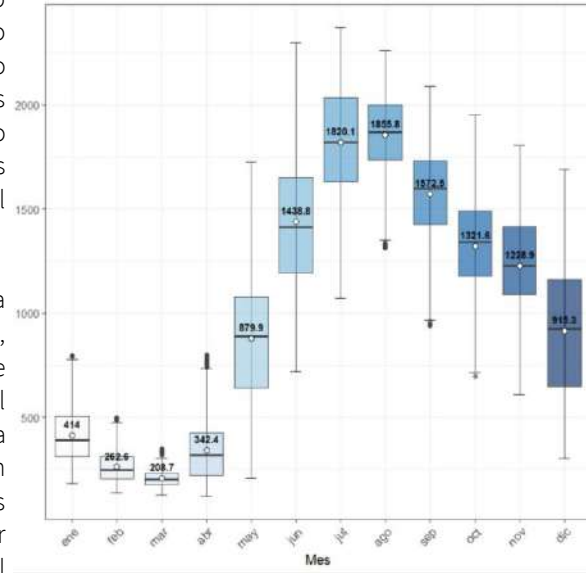
Fuente: ANLA, 2025

En la Figura 42 se ilustra la serie de caudales de la estación Santa Rita desde 1989 hasta 2025, la cual evidencia un comportamiento estacional y cíclico, con picos de caudal bien definidos que se repiten de forma regular a lo largo del tiempo. Este patrón indica la fuerte influencia del régimen de precipitación monomodal característico de la región de la altillanura, lo cual concuerda con la caracterización hidrológica de la cuenca. A pesar de algunas interrupciones en la continuidad de los datos (probablemente asociadas a fallas instrumentales o ausencia de reportes en ciertos periodos), se conserva la tendencia general de variabilidad interanual, sin evidencia clara de una disminución sostenida en los caudales máximos o mínimos. Sin embargo, en algunos años posteriores a 2010, se identifican periodos con valores mínimos más bajos o prolongados, lo que podría reflejar condiciones hidrológicas más secas, posiblemente asociadas a eventos El Niño o presiones crecientes por el uso del recurso.

La Figura 43 complementa el análisis anterior al mostrar la distribución mensual de los caudales a lo largo del periodo histórico. Se observa un aumento progresivo de los caudales a partir de abril, alcanzando valores máximos entre junio y agosto, donde los promedios mensuales superan los 1800 m<sup>3</sup>/s, seguido de una disminución gradual hacia noviembre y valores mínimos entre enero y marzo, que corresponden al periodo de estiaje.

Este comportamiento confirma la alta dependencia del régimen fluvial frente a la estacionalidad climática, evidenciando una respuesta rápida de la cuenca ante los incrementos de precipitación. En conjunto, el análisis temporal y mensual permite concluir que la cuenca alta del río Vichada presenta un régimen hidrológico regular, de carácter estacional, donde los picos de caudal coinciden con los meses de mayor precipitación, reflejando una fuerte sincronía entre el ciclo climático y la dinámica fluvial.

**Figura 43.** Variación mensual de caudales estación Santa Rita.

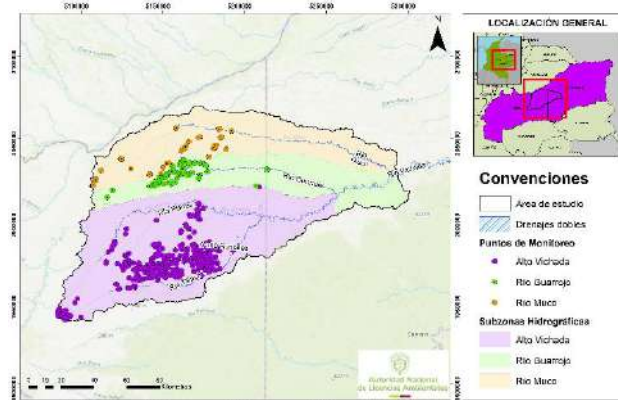


Fuente: ANLA, 2025

### C. CONDICIÓN REGIONAL - CALIDAD DE AGUA

Para establecer la condición regional de calidad del recurso hídrico superficial, se empleó información proveniente de monitoreos fisicoquímicos y microbiológicos reportados a la ANLA mediante Estudios de Impacto Ambiental (EIA) e Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) correspondientes a 17 proyectos localizados en el área de estudio. El análisis, de carácter multitemporal, comprendió el periodo 2018–2024 e incluyó parámetros seleccionados por su relevancia técnica y su comparabilidad con los resultados reportados entre 2011–2017 en el Reporte de Alertas del área de estudio<sup>4</sup>.

**Figura 44.** Puntos de monitoreo análisis tendencial de calidad de agua.



Fuente: ANLA, 2025.

En total se consolidaron 2236 muestreos realizados en 770 puntos de monitoreo, distribuidos en las tres Subzonas Hidrográficas (SZH): Alto Vichada (1,654), Río Guarrojo (413) y Río Muco (169) (Figura 3). Para garantizar la consistencia, se seleccionaron registros con más del 60% de completitud y al menos 10 de los 16 parámetros priorizados por muestra, lo que permitió conformar una base de datos robusta. Los porcentajes de completitud individual oscilaron entre 62% y 97%, asegurando representatividad en la caracterización de la calidad del agua. Los parámetros analizados abarcaron indicadores de oxigenación y acidez (OD y pH), carga orgánica (DBO y DQO), compuestos asociados al sector hidrocarburos (grasas y aceites, fenoles e hidrocarburos totales), coliformes totales como indicador microbiológico (Figura 45) y nutrientes (nitratos, nitritos y fósforo total) (Figura 47) y metales de interés toxicológico (Ba, Cd, Fe, Hg y Pb) (Figura 48). Los valores medios anuales obtenidos se contrastaron con los límites establecidos en el Decreto 1076 de 2015 y literatura de referencia de la siguiente manera:

<sup>4</sup> Consulta el Reporte de alertas Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM) en: [27-01-2021-anla-rassh-alto-vichada-rio-guarrojo-rio-muco](https://www.anla.gob.ve/27-01-2021-anla-rassh-alto-vichada-rio-guarrojo-rio-muco)

**Tabla 31.** Límites normativos y de referencia aplicados en el análisis de calidad del agua.

Parámetro	Referencia	Criterio
Oxígeno Disuelto	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10	≥ 5 mg/L
pH	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10	6.5 – 9
Coliformes totales	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.4; Art. 2.2.3.3.9.5	≤ 1000 NMP; ≤ 5000 NMP
Bario	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10; Art. 2.2.3.3.9.4	≤ 0.1 mg/L; ≤ 1 mg/L
Cadmio	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10; Art. 2.2.3.3.9.5; Art. 2.2.3.3.9.4	≤ 0.01 mg/L
Hierro	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10; Art. 2.2.3.3.9.5	≤ 0.1 mg/L; ≤ 5 mg/L
Mercurio	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10; Art. 2.2.3.3.9.4	≤ 0.01 mg/L; ≤ 0.02 mg/L
Plomo	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.10; Art. 2.2.3.3.9.5	≤ 0.01 mg/L; ≤ 5 mg/L
Nitritos	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.4; Rolán & Ramírez	≤ 1 mg/L; 0–0.5 (oligotróf.), 0.5–5 (mesotróf.), 5–15 (eutróf.)
Nitratos	D. 1076/15, Art. 2.2.3.3.9.4; Rolán & Ramírez	≤ 10 mg/L; 0–1 (oligotróf.), 1–5 (mesotróf.), 5–50 (eutróf.)
Fósforo total	Rolán Pérez & Ramírez Restrepo	<0.005 mg/L (ultraoligo), 0.005–0.01 (oligomesotróf.), 0.01–0.03 (mesoeutróf.), 0.03–0.1 (eupolitróf.), >0.1 (politr.)

Decreto 1076 de 2015:

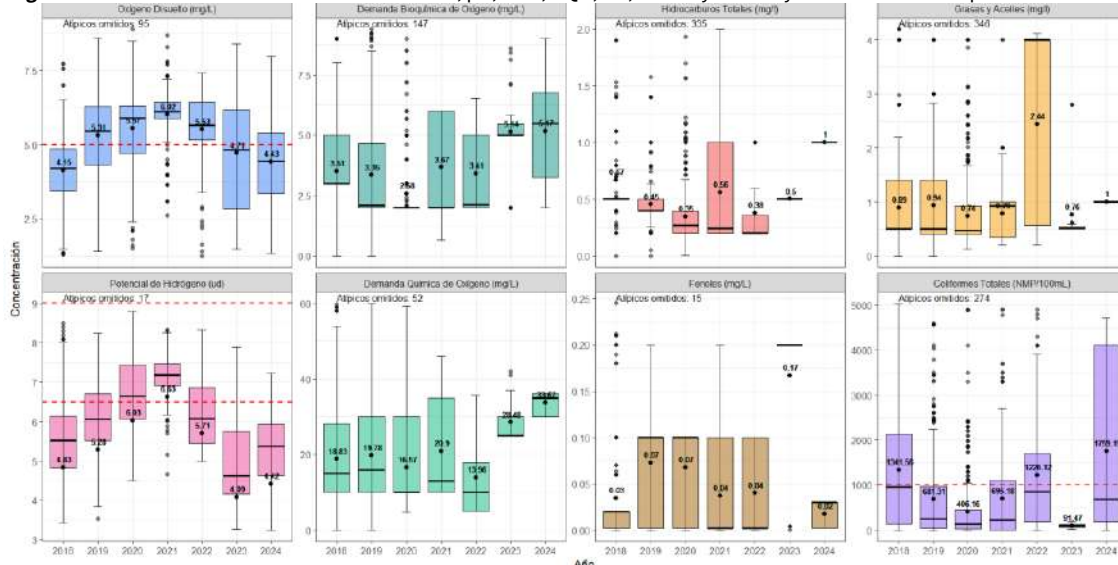
- Art. 2.2.3.3.9.4: Desinfección y criterios de calidad para consumo humano y doméstico.
- Art. 2.2.3.3.9.5: Criterios de calidad para uso agrícola.
- Art. 2.2.3.3.9.10: Criterios de calidad para preservación de flora y fauna.

Rolán Pérez & Ramírez Restrepo, 2022: Rangos tróficos

- Nitritos y Nitratos (mg/L): oligotrófico, mesotrófico y eutrófico.
- Fósforo total (mg/L): ultraoligotrófico, oligomesotrófico, mesoeutrófico, eupolitrófico, politrófico.

Fuente: ANLA, 2025

**Figura 45.** Concentraciones medias anuales de OD, pH, DBO, DQO, HT, Grasas y Aceites y Coliformes Totales para el área de estudio.



Fuente: ANLA, 2025.

En la Figura 45, se evidencia que para el Oxígeno Disuelto (OD), las concentraciones medias entre 2018 y 2024 oscilaron entre 3.66 y 6.4 mg/L, con varios años críticos (2018, 2023 y 2024) en los que más del 50% de los registros estuvieron por debajo del criterio de preservación (≥ 5.0 mg/L). La SZH Alto Vichada concentró la mayor proporción de valores bajos (0.0–2.5 mg/L), entre otros en caños Rubiales, Masisiferiana, Arrabo e Ivoto, lo que coincide con la disminución de sus medias anuales. En contraste, la SZH Río Muco presentó condiciones más favorables en los últimos años (2020, 2022 y 2024) con medias entre 5.7 y 6.4 mg/L. En la SZH Río Guarrojo, aunque los valores críticos fueron menos extremos, se registraron medias anuales inferiores a 5.0 mg/L en cinco de los siete años analizados. Estas condiciones reflejan un riesgo para la biota acuática, pues reducen la capacidad respiratoria de peces y macroinvertebrados, y se asocian con incrementos en la carga orgánica (DBO/DQO) que se evidencian en la (Figura 46), lo que sugiere influencia antrópica por descargas de materia orgánica.



En cuanto al pH, el análisis general evidencia que la mayoría de los registros se encuentran por debajo del rango normativo para preservación de flora y fauna (6.5–8.5, Art. 2.2.3.3.9.10). Las medianas en la mayoría de los años se ubican entre 5.5 y 6.3, con medias anuales que no superan el límite inferior de 6.5, salvo en 2021 (6.63). Esta condición refleja una acidez persistente, más marcada en la SZH Río Guarrojo, donde se registraron las medias más bajas (4.66 en 2018 y 6.01 en 2021), influyendo de manera significativa en el promedio regional. Las SZH Río Muco y Alto Vichada presentan valores ligeramente superiores, aunque en la mayor parte del periodo analizado permanecen igualmente fuera del rango permitido. La acidez sostenida afecta la fisiología de especies acuáticas, reduciendo reproducción y crecimiento, y puede aumentar la toxicidad de metales y nutrientes al modificar la solubilidad y biodisponibilidad de contaminantes (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2022). Estos patrones pueden estar asociados a lixiviación de suelos, descargas de aguas residuales y uso intensivo de agroquímicos.

Las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) muestran variabilidad interanual con medias entre 2.58 y 5.17 mg/L. En la mayoría de los años, más del 50% de los registros se ubican por debajo del umbral de 6 mg/L, lo que corresponde a una carga orgánica baja según criterios técnicos (Chapman, 1996). No obstante, en 2018 se registraron valores atípicos superiores a 9 mg/L, concentrados en las SZH Alto Vichada y Río Guarrojo (Figura 45), lo que indica episodios de presión sobre el oxígeno disponible para la fauna acuática. La SZH Río Guarrojo destaca por los valores más elevados, con medias cercanas a 30 mg/L en algunos años y alta dispersión, lo que evidencia su influencia en el incremento regional de la DBO. En contraste, la SZH Río Muco presenta los valores más bajos (2.12 a 5 mg/L), asociados a menor carga orgánica y coherentes con los resultados de OD. La SZH Alto Vichada muestra valores intermedios, con picos que coinciden con los aumentos señalados en la Figura 46.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) presenta en la mayoría de los años más del 75% de los datos por debajo de 10 mg/L, con picos notables en 2023 y 2024, cuyas medias alcanzaron 28.48 y 33.67 mg/L, respectivamente, lo que evidencia una carga significativa de materia orgánica total y compuestos oxidables. La SZH Río Guarrojo registra los valores más altos y la dispersión más amplia (medias entre 10.54 y 30.99 mg/L), confirmando su papel como fuente de cargas químicas y orgánicas elevadas. En contraste, la SZH Río Muco mantiene las DQO más bajas, mientras que la SZH Alto Vichada presenta valores intermedios, pero con tendencia creciente en el tiempo (20.7 mg/L en 2020; 31.83 mg/L en 2022; 28.41 mg/L en 2023; y 35.39 mg/L en 2024). La combinación de DQO alta y OD bajo sugiere posibles descargas antrópicas, como aguas residuales insuficientemente tratadas, aportes agrícolas con agroquímicos o descargas industriales.

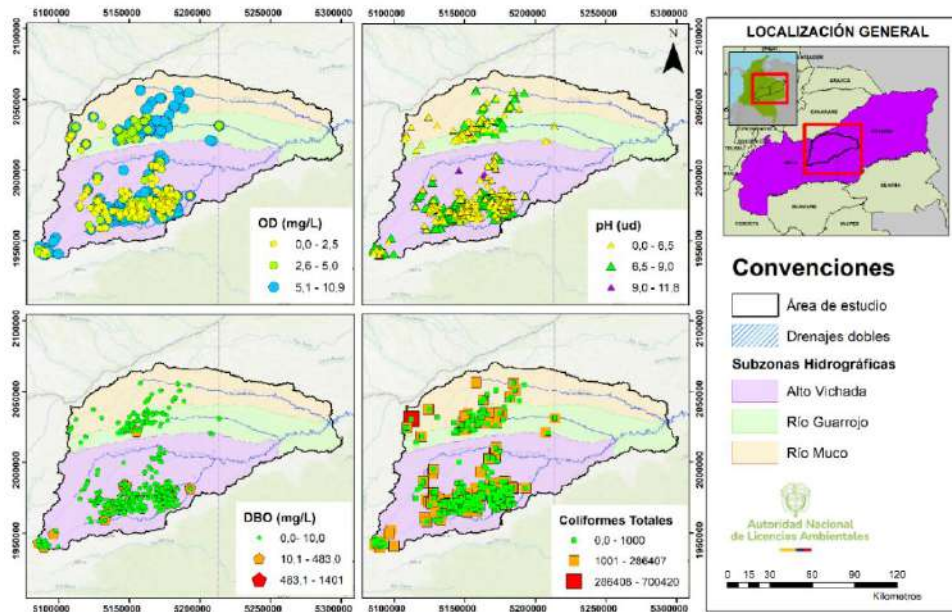
Las concentraciones medias de fenoles se mantienen por debajo de 0.07 mg/L en todos los años, lo que evidencia niveles muy bajos y sin riesgo significativo para la biota acuática, de acuerdo con referencias internacionales (OMS, 2017). Este comportamiento es consistente en las tres SZH, sin diferencias que modifiquen el promedio general. Sin embargo, el 32% de los registros corresponden a valores inferiores al límite de detección, el cual resulta variable (0.002–0.2 mg/L), lo que introduce incertidumbre en la interpretación de resultados. En cuanto a los hidrocarburos totales, las medias anuales fluctúan entre 0.38 y 1 mg/L, con picos en 2021 y 2023 que podrían asociarse a vertimientos accidentales o escorrentía contaminada. Aun así, un 32% de los datos se reportan por debajo del límite de detección, con rangos muy amplios (0.03–10 mg/L), lo que dificulta el análisis comparativo y la evaluación frente a referencias normativas.

En cuanto a grasas y aceites, los valores se mantienen en su mayoría por debajo de 4 mg/L, con un pico en 2022 (media de 2.44 mg/L). La SZH Río Guarrojo presenta mayor variabilidad y algunos de las medias más altas registradas (2.8 mg/L en 2021 y 1.33 mg/L en 2022), lo que sugiere descargas puntuales locales. Las SZH Río Muco y Alto Vichada muestran valores más estables y bajos; sin embargo, en Alto Vichada se concentran los registros atípicos, de los cuales el 79 % corresponde al valor máximo de cuantificación reportado (10 mg/L). Adicionalmente, se identifican límites de detección variables (0.2–10 mg/L), lo que introduce incertidumbre y limita la interpretación comparativa entre años y subzonas.



Finalmente, las concentraciones de Coliformes Totales evidencian que en múltiples años se superó ampliamente el criterio de 1000 NMP/100 mL (umbral de referencia del Artículo 2.2.3.3.9.4 para desinfección y calidad en uso humano y doméstico). Los picos en 2018, 2022 y 2024 reflejan episodios reiterados de contaminación microbiológica. La SZH Río Guarrojo presenta las concentraciones más bajas, con más del 75% de los datos por debajo del límite en todos los años evaluados; en la SZH Río Muco se observan picos en 2020 (media: 1044 NMP/100 mL) y 2022 (media: 1518.58 NMP/100 mL); mientras que, en Alto Vichada, aunque en la mayoría de los años (2019, 2020, 2021, 2022 y 2023) más del 50% de los datos se mantienen por debajo de 1000 NMP/100mL, en 2024 se registró una media considerablemente más alta de 2690.42 100NMP/100mL.

Figura 46. Concentraciones promedio de OD, pH, DBO y Coliformes Totales en el área de estudio.

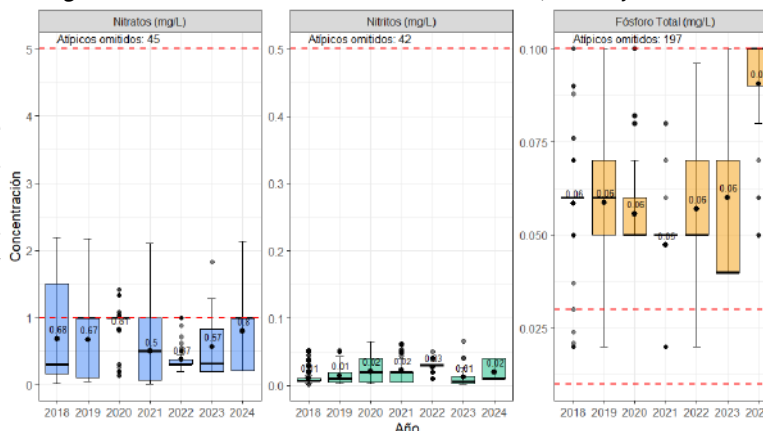


Fuente: ANLA, 2025.

Al realizar un análisis comparativo de la calidad del agua entre los periodos 2011–2017 (evaluado en el Reporte de 2018) y 2018–2024 (evaluado en la presente actualización 2025) muestra que, en términos generales, la condición del recurso hídrico no ha mejorado y en algunos parámetros incluso ha empeorado. En 2018 predominaban valores adecuados de oxígeno disuelto y pH dentro del rango normativo, mientras que en 2025 se evidencia una oxigenación deficiente y una acidez persistente, condiciones que afectan directamente la biota acuática y la disponibilidad del recurso. Aunque la carga orgánica biodegradable (DBO) muestra una tendencia a la reducción, la materia orgánica total (DQO) presenta picos altos en los últimos años, lo que sugiere un incremento de presiones antrópicas. En cuanto a contaminantes específicos, los fenoles y los hidrocarburos totales muestran valores bajos en general, lo que representa una leve mejora frente a la incertidumbre reportada en 2018; sin embargo, la contaminación microbiológica por coliformes persiste, con excedencias reiteradas sobre el límite normativo. Estos resultados sugieren que las presiones antrópicas asociadas a actividades agrícolas, pecuarias e hidrocarburos continúan condicionando la calidad del recurso hídrico y limitando su uso sostenible.

Figura 47. Concentraciones medias anuales de Nitratos, Nitritos y Fósforo Total.

Adicionalmente, se realizó una evaluación de concentración de nutrientes en el agua (nitritos, nitratos y fósforo total), en el que se identificó que las concentraciones de nitratos en el punto de descarga muestran valores medios anuales entre 0.50 y 0.81 mg/L, siempre muy por debajo del límite normativo de 10 mg/L establecido en el Decreto 1076 de 2015.



Fuente: ANLA, 2025.

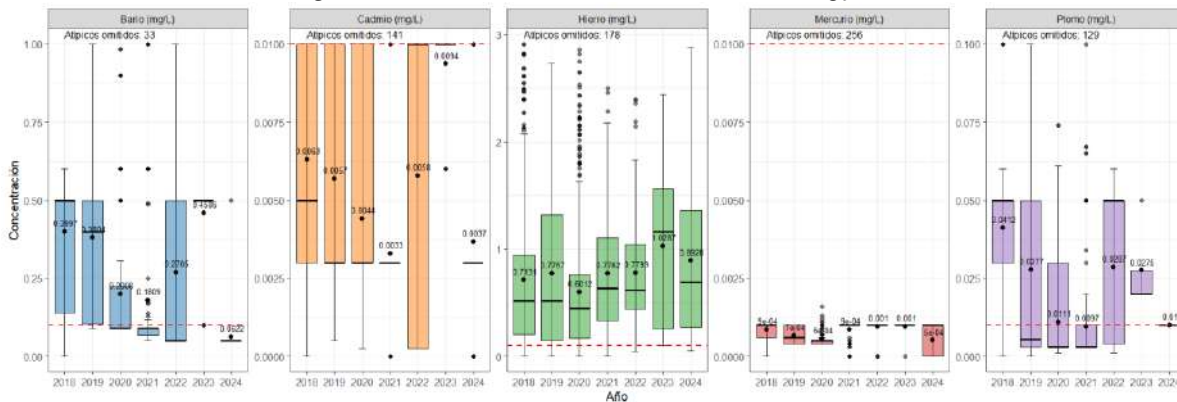
No obstante, en términos tróficos (Rolán Pérez & Ramírez Restrepo, 2022), los valores se ubican consistentemente en el rango oligotrófico (0–1 mg/L), lo que indica baja disponibilidad de este nutriente en la columna de agua. Esto sugiere que la carga nitrogenada no constituye un factor de presión significativa y que la dinámica del ecosistema se mantiene dentro de condiciones de baja productividad primaria. En cuanto a los nitritos, los valores medios fluctúan entre 0.01 y 0.03 mg/L, igualmente muy inferiores al límite de 1 mg/L y dentro del rango oligotrófico (<0.5 mg/L), lo que evidencia procesos de nitrificación activos y una transformación eficiente del amonio a nitratos. En contraste, el fósforo total presenta un comportamiento más crítico, las concentraciones medias se mantienen en torno a 0.06 mg/L en la mayoría de los años y alcanzan 0.09 mg/L en 2024, lo que ubica al sistema en condiciones eupolitróficas (0.03–0.1 mg/L) y cercanas al umbral de politrofia (>0.1 mg/L). Esto refleja que el fósforo constituye el principal factor limitante que podría inducir procesos de eutrofización, particularmente en cuerpos de agua con baja renovación. La alta frecuencia de valores atípicos también sugiere aportes difusos o intermitentes, probablemente asociados a escorrentía agrícola, descargas domésticas sin tratamiento o liberación de sedimentos internos ricos en fósforo.

Por otro lado, respecto a las concentraciones de metales en el agua, en la Figura 48, las concentraciones de Bario presentan medias entre 0.3997 mg/L (2018) y 0.0622 mg/L (2024), evidenciando una tendencia a la disminución en los últimos años. Sin embargo, en la mayoría de los periodos evaluados, tanto las medias como las medianas superan el criterio para preservación de flora y fauna (0,1 mg/L), aunque se mantienen por debajo del límite para consumo humano y doméstico (1 mg/L). Este comportamiento podría estar relacionado con aportes de origen geológico natural, así como con descargas antrópicas derivadas de actividades industriales. En el caso del Cadmio, las medias anuales se sitúan entre 0.0063 mg/L (2018) y 0.0037 mg/L (2024), valores inferiores al límite normativo de 0.01 mg/L. No obstante, se identificaron registros atípicos con concentraciones asociadas a límites de detección variables (0.03; 0.05 y 0.1 mg/L), que en algunos casos superan el valor de referencia. Estos posibles niveles elevados sugieren la existencia de fuentes continuas de aporte, posiblemente vinculadas al uso de fertilizantes fosfatados o a vertimientos industriales sin tratamiento adecuado.

Respecto al Hierro, las medias fluctúan entre 0.6012 mg/L (2020) y 1.0287 mg/L (2023), superando en todos los años el límite de 0.1 mg/L establecido por el Decreto 1076 para la preservación de flora y fauna, aunque manteniéndose por debajo de los 5 mg/L fijados como criterio para uso agrícola. Estas concentraciones pueden generar alteraciones en el metabolismo respiratorio de los organismos acuáticos y afectar procesos ecosistémicos, como la fotosíntesis, debido a la sedimentación sobre macrófitos y algas. Los picos observados podrían estar asociados a procesos erosivos intensificados por deforestación y actividades extractivas en la cuenca. El Mercurio muestra medias bajas ( $\leq 0.001$  mg/L), en general por debajo del límite normativo de referencia. Sin embargo, dada su alta capacidad de bioacumulación, se justifica un seguimiento riguroso, considerando el riesgo de generar efectos neurológicos y reproductivos en organismos acuáticos y en las poblaciones humanas expuestas.

Por último, el Plomo presenta medias entre 0.0412 mg/L (2018) y 0.01 mg/L (2023), con superaciones recurrentes al criterio de preservación de flora y fauna (0.01 mg/L), aunque permaneciendo por debajo de los 5 mg/L establecidos para uso agrícola. Esta condición implica riesgos para la biota acuática y un potencial de bioacumulación en las cadenas tróficas. Finalmente, es importante señalar que los métodos de determinación de metales no son homogéneos entre campañas y laboratorios, lo que representa una fuente de incertidumbre en los resultados. En particular, algunas mediciones pueden haberse realizado con muestras filtradas y otras sin filtrar, lo cual influye en la concentración reportada (disuelto vs. total). Por tanto, los valores analizados deben considerarse como una aproximación útil para identificar alertas a nivel regional, más que como una caracterización puntual y exacta de la calidad del agua.

Figura 48. Concentraciones medias anuales de Ba, Cd, Fe, Hg y Pb.



Fuente: ANLA, 2025.

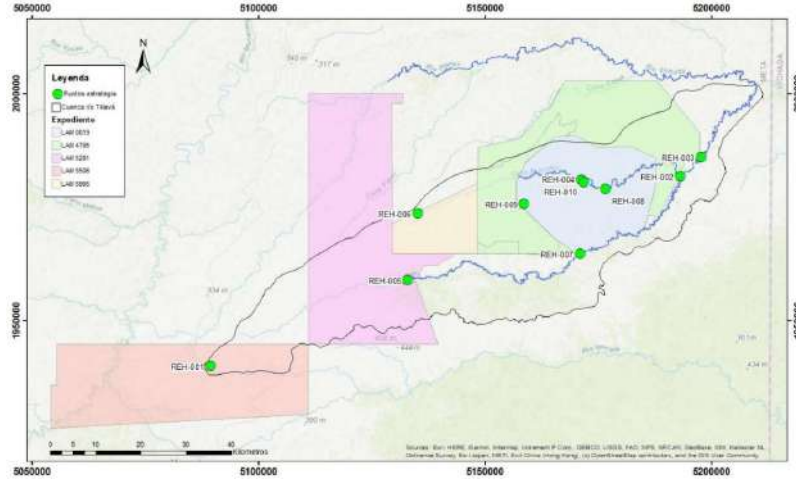
### Cuenca del río Tillavá.

En el marco del Reporte de Análisis Regional realizado en 2018 para las subzonas hidrográficas del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo, se identificó como Elemento Ambiental de Valor (VEC) a la cuenca del río Tillavá, destacando su relevancia ecológica y su papel estratégico en la altillanura del departamento del Meta. Como medida de gestión, se puso en marcha una estrategia de monitoreo enfocada en dar seguimiento al componente hídrico superficial. Esta estrategia se basa en un seguimiento sistemático de la dinámica del recurso, estandarizando las condiciones de tiempo, modo y lugar de los muestreos en zonas priorizadas, con el fin de detectar y evaluar oportunamente posibles impactos acumulativos, especialmente aquellos vinculados al desarrollo de proyectos del sector hidrocarburos en la región<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Estrategias de monitoreo regional del recurso hídrico superficial en la cuenca del Río Tillavá – departamento del Meta aplicación fase IV – análisis de datos (2020-2023) [Microsoft Word -Tillava\\_VF](#)



Figura 49. Localización de los puntos que conforman la estrategia de monitoreo del recurso.



Fuente: ANLA, 2024.

El análisis comprendió los principales cuerpos de agua, río Tillavá, caño Rubiales y caño Masiferiana, durante el periodo 2020–2023 (ANLA, 2024). En términos generales, los resultados muestran cumplimiento normativo en la mayoría de los parámetros evaluados; sin embargo, se registraron superaciones puntuales frente a los objetivos de calidad definidos por CORMACARENA. Entre las más relevantes se encuentran valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de hasta 70 mg/L en el río Tillavá (límite: 20 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de hasta 35 mg/L (límite: 15 mg/L) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) con picos de 59 mg/L, superando el umbral de 25 mg/L. Asimismo, se detectaron concentraciones de oxígeno disuelto por debajo del límite de 4 mg/L, pH ácido (<6.5 unidades) y niveles elevados de coliformes totales, con máximos de 155310 NMP/100 ml, incompatibles con usos domésticos o recreativos según el Decreto 1076 de 2015.

Si bien la presencia de múltiples actividades en la región impide atribuir estos incumplimientos únicamente a los proyectos licenciados por la ANLA, la autoridad ambiental ha adoptado medidas correctivas como la instalación de estaciones automáticas de monitoreo asociadas al expediente LAM0019 – Explotación de hidrocarburos en el Campo Rubiales de Ecopetrol S.A., impuesta por ANLA mediante la Resolución 1717 de 2019. La información generada por dichas estaciones se dispone y presenta de forma gráfica a través de un tablero de control disponible en el sitio web del Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de la Subdirección de Instrumentos, Trámites y Permisos Ambientales, en la sección Centro de Monitoreo → Visualización y Divulgación → Tableros por proyecto<sup>6</sup>. En este tablero se presentan los resultados horarios de los parámetros in situ sobre el caño Rubiales, así como los resultados mensuales de los vertimientos, información que se encuentra disponible para el uso misional de la entidad en procesos de evaluación y seguimiento, así como para cualquier persona interesada en su consulta.

Entre las recomendaciones prioritarias se plantea la aplicación de técnicas analíticas con límites de cuantificación más bajos para verificar con mayor precisión el cumplimiento normativo, la revisión de la pertinencia de ciertos umbrales locales (como el caso de SST) y el fortalecimiento del seguimiento a vertimientos y fuentes difusas de contaminación. La implementación sostenida de estas acciones es clave para garantizar una gestión preventiva y eficiente del recurso hídrico en esta zona estratégica para el desarrollo económico y ambiental del país.

<sup>6</sup> Link del sitio web: <https://www.anla.gov.co/proyectos-anla/centro-de-monitoreo/cm-tableros-control-visualizacion-divulgacion> y Link del tablero de control: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDliInZlkYjE0NWYwLTU0MGVtNWl0ZDc3Zjg4MWEyIiwidCI6IjZmMWNjYjYk0LWFkYTUtdM3Zi04NzZkLTQ5NzkyMGVtUxOCiS1mMiOjR9>



## D. MODELACIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL - CANTIDAD DE AGUA

### Objetivo específico del ejercicio de modelación

Caracterizar el régimen de cantidad de agua en las tres subzonas hidrográficas del área de estudio (Alto Vichada, Guarrojo y Muco) mediante la estimación de caudales característicos  $Q_{med}$ ,  $Q_{máx}$ ,  $Q_{mín}$ ,  $Q_{95}$  y  $7Q_{10}$  para cuantificar la variabilidad intra-anual (mes a mes), identificar los meses más húmedos y secos, determinar los años extremos (más seco y húmedo) e inferir la oferta hídrica disponible por subzona. Complementariamente, evaluar la sensibilidad de estos indicadores bajo escenarios prospectivos de cambio climático, corriendo el escenario SSP5-8.5 de la Cuarta Comunicación Nacional (IDEAM, 2024), y actualizar la hidrología de un tramo del Caño Rubiales como principal receptor de vertimientos el área regionalizada, insumo del modelo de calidad de agua, a fin de evidenciar posibles impactos acumulativos y soportar recomendaciones de gestión en condiciones actuales y futuras.

### Información utilizada

Como base climática histórica se emplearon series regionalizadas provenientes de estaciones sintéticas derivadas de reanálisis (ver capítulo XI “CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA”), que aportan precipitación y temperatura (máxima y mínima) en el periodo 1987–2024. Para el clima futuro se usaron las proyecciones de la Cuarta Comunicación Nacional de Cambio Climático bajo el escenario SSP5-8.5, incorporando precipitación y temperatura (máxima y mínima) para el periodo 2021–2100 como forzantes de los escenarios hidrológicos. La hidrometría observada (caudales medios diarios  $m^3/s$ ) incluyó el periodo 1990–2024 para la estación Santa Rita (código 33077010, IDEAM), utilizada para la calibración regional de las tres subzonas, y la estación Puente Carretera (código 35227090, IDEAM), tomada como pivote para ajustar la hidrología insumo del modelo de calidad de agua del tramo Tillavá–Rubiales.

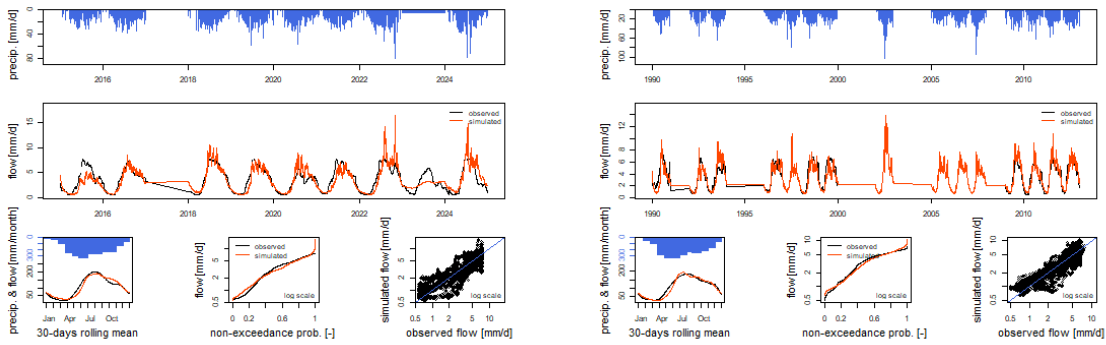
### Metodología

Para el clima histórico, la precipitación en cada área de interés se estimó como promedio areal mediante polígonos de Thiessen, y la temperatura (máxima y mínima) se interpoló con IDW (Inverse Distance Weighting). A partir de estas series diarias se calculó la evapotranspiración potencial (ETP) con Hargreaves–Samani, que estima la ETP con base en temperatura y radiación extraterrestre, apropiado cuando no se cuenta con todas las variables aerodinámicas.

Para las proyecciones de cambio climático (Cuarta Comunicación Nacional, SSP5-8.5), se construyeron series por subzona mediante el promedio de los píxeles que intersectan cada polígono de interés; con esas temperaturas proyectadas se recalculó la ETP con Hargreaves y, junto con la precipitación proyectada, se forzaron los escenarios hidrológicos futuros.

La simulación hidrológica se realizó con el modelo lluvia–escorrentía GR4J a paso diario, un modelo parsimonioso de 4 parámetros que representa el almacenamiento de producción y enrutamiento incluye percolación no lineal y emplea dos hidrogramas unitarios para separar respuestas rápida y lenta. El modelo se calibró para el área aferente a la estación Santa Rita (IDEAM 33077010) en el periodo 2013–2024, con resultados  $KGE = 0,82$  y  $NSE = 0,64$ ; y se validó en 1990–2012, con  $KGE = 0,83$  y  $NSE = 0,68$ .

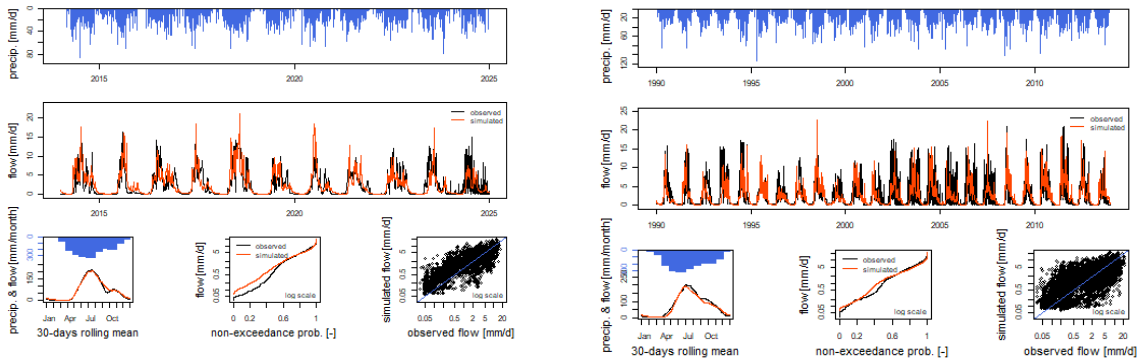
**Figura 50.** Resultados de la calibración y validación área aferente a la estación Santa Rita (IDEAM 33077010)



Fuente: ANLA, 2025

Para el Caño Rubiales, la hidrología insumo del modelo de calidad de agua se ajustó usando la estación Puente Carretera (IDEAM 35227090) como pivote, alcanzando en calibración (2013–2024) KGE = 0,75 y NSE = 0,52, y en validación (1990–2012) KGE = 0,59 y NSE = 0,35.

**Figura 51.** Resultados de la calibración y validación área aferente estación Puente Carretera (IDEAM 35227090)



Fuente: ANLA, 2025

Con los parámetros calibrados y considerando que las tres subzonas pertenecen al área aferente de Santa Rita, se ejecutaron simulaciones por subcuenca para el periodo histórico 1987–2024 (forzado con precipitación y ETP del reanálisis) y para el periodo futuro 2021–2100 bajo SSP5-8.5. De las series simuladas se derivaron Qmed, Qmáx, Qmín, Q95 y 7Q10, junto con la variabilidad intra-anual (meses más húmedos/secos) y los años extremos (más húmedo/más seco).

En el caso del modelo calibrado para la cuenca aferente a Puente Carretera, y tras realizar el análisis morfométrico de la cuenca pivote y la del tramo de Caño Rubiales para confirmar su similitud morfométrica, se corrieron igualmente el histórico con reanálisis y el futuro con cambio climático. Con estas simulaciones se calcularon caudales de estiaje (p. ej., 7Q10, Q95, entre otros) para modelar escenarios críticos en términos de calidad de agua, como insumo del numeral XIV.E Modelación Hídrica Superficial - calidad de agua.

### Supuestos de modelación

La modelación hidrológica se desarrolló a paso diario y a escala de subzona mediante un esquema lumped (parámetros y estados agregados por unidad), por lo que se asume homogeneidad interna de respuesta hidrológica (uso del suelo, suelos y pendientes) dentro de cada subzona y del tramo Tillavá-caño Rubiales; la variabilidad espacial fina no representada se considera secundaria para los fines de estimar caudales característicos y su variación estacional.



Para el clima histórico, se asume representatividad de las series regionalizadas: la precipitación promedio areal construida con la metodología de polígonos de Thiessen y la temperatura interpolada con IDW capturan la señal espacio temporal relevante de Precipitación y Temperatura en el periodo 1987–2024. Los pesos de Thiessen y el exponente de IDW se tratan como estacionarios en el tiempo. La ETP estimada con Hargreaves–Samani se considera adecuada para la región y el objetivo de la modelación, y suficientemente sensible a cambios de temperatura para su uso en escenarios climáticos.

Respecto al cambio climático, se asume consistencia de las proyecciones de la Cuarta Comunicación Nacional (SSP5-8.5) en cuanto a correcciones de sesgo y reducción de escala provistas por el IDEAM. La construcción de forzantes futuros por promedio de píxeles que intersecan cada polígono de interés se considera apropiada para el nivel de detalle del estudio. Se mantiene inalterada la estructura del modelo (parámetros GR4J) al transferir del clima histórico al futuro, de modo que los cambios en caudal emergen exclusivamente de cambios en P y T (y la ETP derivada), sin incorporar explícitamente cambios de cobertura, uso del suelo, regulación o extracciones futuras.

En la calibración y validación, se asume calidad suficiente de datos para el periodo 1990–2024. La transferencia regional de parámetros desde el área aferente de Santa Rita (33077010) a las tres subzonas se justifica por su inclusión hidrológica dentro de esa cuenca y por su proximidad fisiográfica; análogamente, para caño Rubiales se asume similitud morfométrica entre la cuenca pivote de Puente Carretera (35227090) y el tramo Tillavá–Rubiales, que habilita el uso de esa estación como pivote para ajustar la hidrología insumo del modelo de calidad.

La escorrentía subterránea y las interacciones río–acuífero se representan de forma efectiva a través del almacenamiento lento de GR4J, aceptando que no hay un módulo hidrogeológico explícito. También se asume ausencia de cambios significativos en obras de regulación hidráulica que alteren la señal diaria en los periodos analizados.

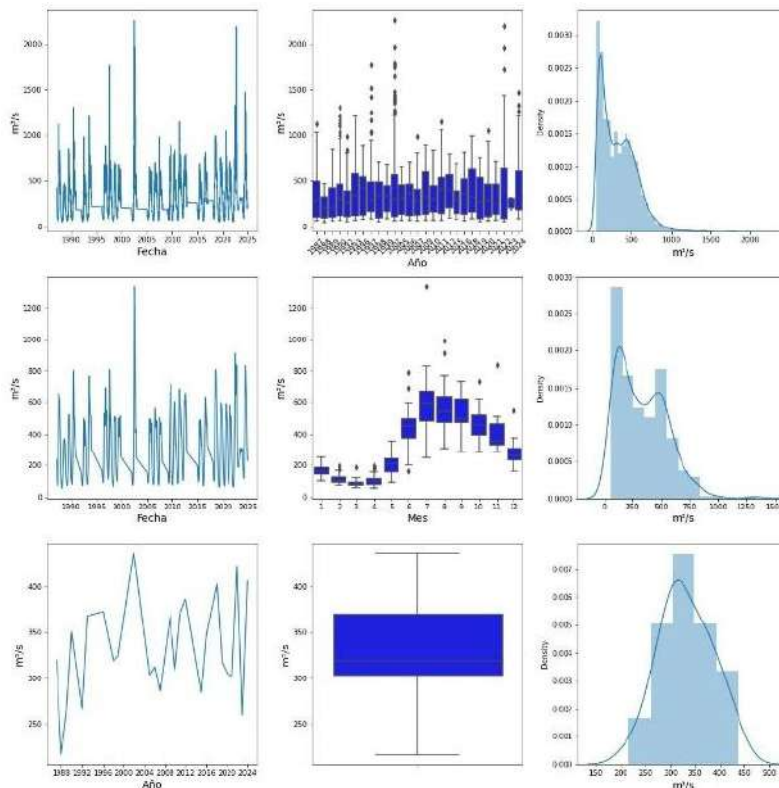
Finalmente, se admite que los sesgos residuales de clima y caudal, así como la parsimonia del modelo (4 parámetros), pueden subestimar o sobreestimar extremos locales; no obstante, se considera que la combinación de valores obtenidos en las funciones objetivo (KGE/NSE) en la calibración y validación, más la coherencia fisiográfica entre subzonas y estaciones pivote, provee una línea base consistente para comparar condición actual y SSP5-8.5, y para alimentar el análisis de escenarios críticos usados en la modelación de calidad de agua.

### Resultados (Hallazgos principales escenario actual y cambio climático)

#### ESCENARIO HISTORICO (1987–2024)

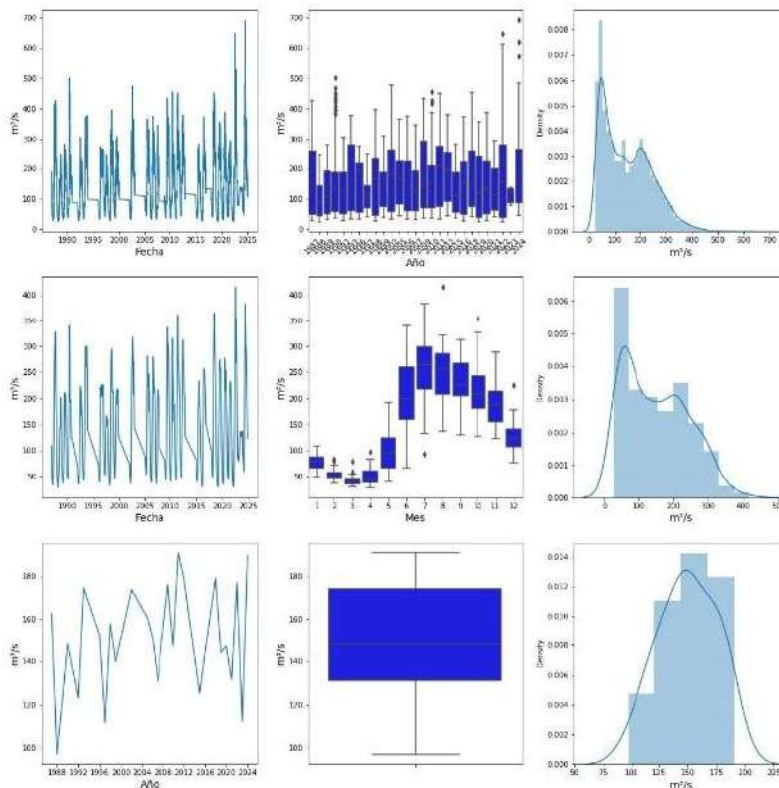
El régimen hidrológico histórico (1987–2024) de las tres subzonas muestra una marcada estacionalidad: el estiaje se concentra en marzo y abril, y los máximos entre junio y septiembre, con pico en julio (agosto para algunos máximos puntuales en Guarrojo y Muco). Esta señal define con claridad las ventanas críticas de baja disponibilidad y los periodos de mayor oferta hídrica.

Figura 52. Comportamiento diario, mensual y anual del caudal en las Subzonas Hidrográficas modeladas SH Alto Vichada



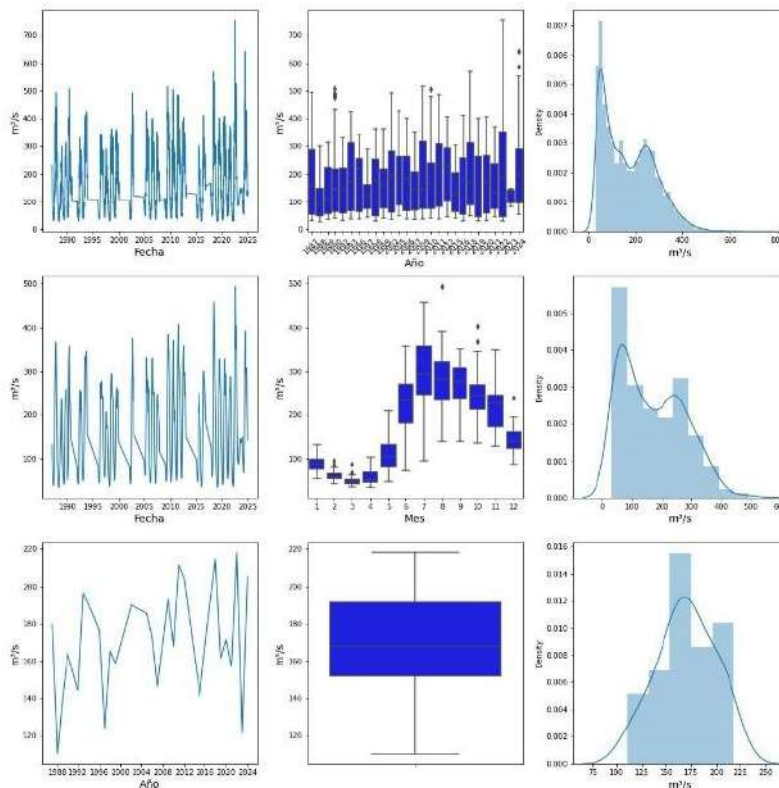
Fuente: ANLA, 2025

Figura 53. Comportamiento diario, mensual y anual del caudal en las Subzonas Hidrográficas modeladas SH Río Guarrojo



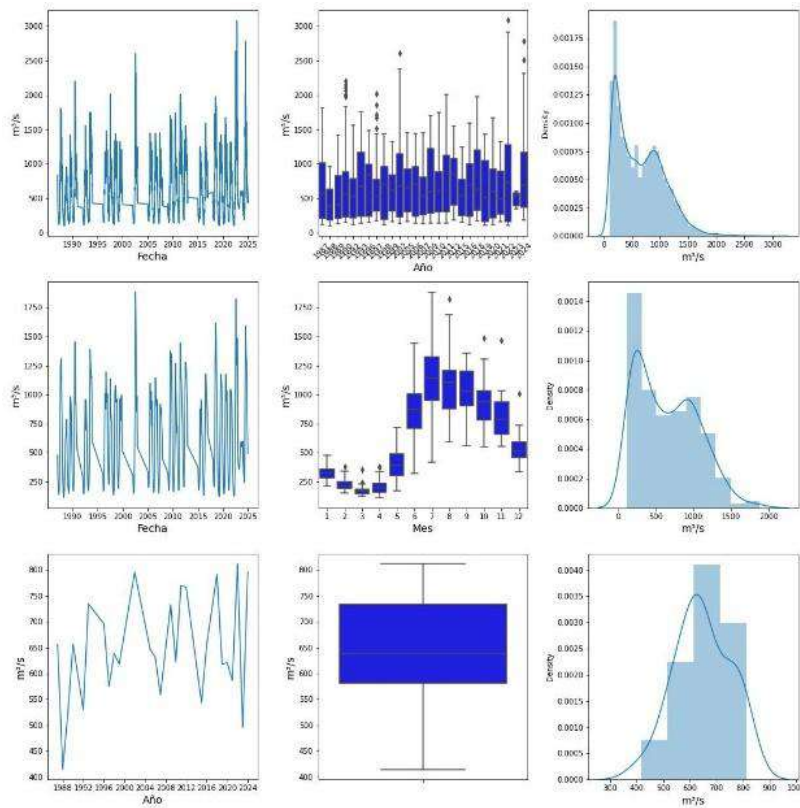
Fuente: ANLA, 2025

Figura 54. Comportamiento diario, mensual y anual del caudal en las Subzonas Hidrográficas modeladas SH Río Muco



Fuente: ANLA, 2025

Figura 55. Comportamiento diario, mensual y anual del caudal en las Subzonas Hidrográficas modeladas SH Área reporte



Fuente: ANLA, 2025

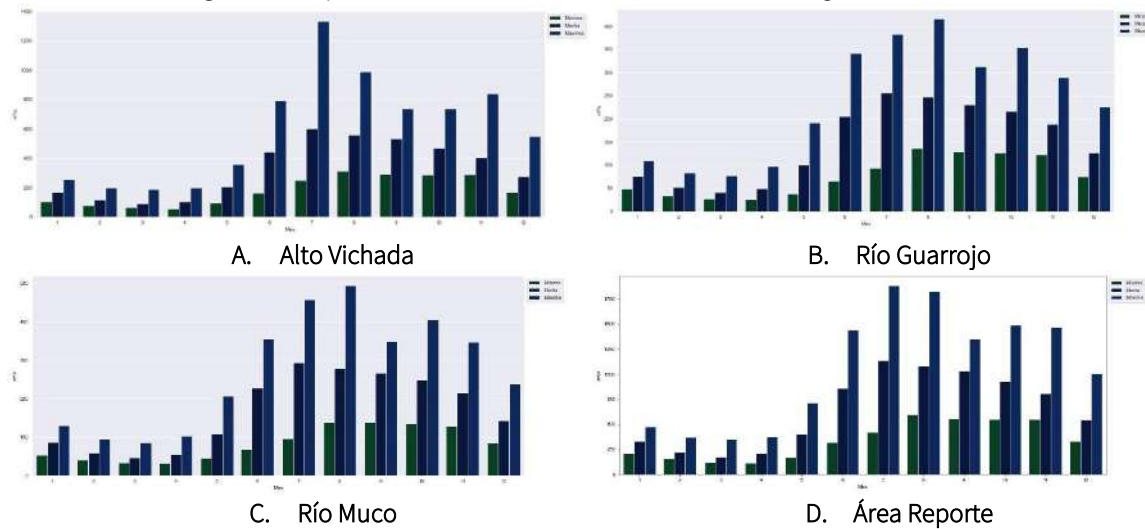
En Alto Vichada, el caudal medio mensual más bajo ocurre en marzo (88,2 m<sup>3</sup>/s) y el más alto en julio (601,7 m<sup>3</sup>/s), con una amplitud estacional cercana a 6,8 veces. Los mínimos mensuales más restrictivos se presentan en abril (56,6 m<sup>3</sup>/s), mientras que el máximo mensual histórico se registra en julio (1.334,3 m<sup>3</sup>/s). El año más seco del periodo fue 1988 (promedio anual 216,5 m<sup>3</sup>/s) y el más húmedo 2002 (436,6 m<sup>3</sup>/s).

En el río Guarrojo, el caudal medio mensual mínimo se da en marzo (41,1 m<sup>3</sup>/s) y el máximo en julio (256,7 m<sup>3</sup>/s), con amplitud de ~6,2 veces. El mes más restrictivo por mínimos es abril (26,8 m<sup>3</sup>/s) y el pico mensual histórico se observa en agosto (416,2 m<sup>3</sup>/s). En términos interanuales, 1988 fue el año más seco (97,1 m<sup>3</sup>/s) y 2011 el más húmedo (190,7 m<sup>3</sup>/s).

Para el río Muco, el mínimo del caudal medio mensual también se presenta en marzo (46,8 m<sup>3</sup>/s) y el máximo en julio (294,1 m<sup>3</sup>/s), con amplitud cercana a 6,3 veces. Los mínimos mensuales más bajos se concentran en abril (31,5 m<sup>3</sup>/s) y el máximo mensual histórico en agosto (494,1 m<sup>3</sup>/s). El año más seco fue 1988 (110,4 m<sup>3</sup>/s) y el más húmedo 2022 (217,9 m<sup>3</sup>/s).

A nivel regional (área total), el caudal medio mínimo se da en marzo (175,5 m<sup>3</sup>/s) y el máximo en julio (1.137,0 m<sup>3</sup>/s), con una amplitud promedio de ~6,5 veces. Interanualmente, 1988 destaca como el año más seco (414,8 m<sup>3</sup>/s) y 2022 como el más húmedo (811,5 m<sup>3</sup>/s). En conjunto, estos resultados confirman que los meses críticos por baja disponibilidad son marzo–abril, mientras que la mayor capacidad de dilución y flexibilidad operativa ocurre entre junio y septiembre, especialmente en julio–agosto.

**Figura 56. Comportamiento mensual multianual en las Subzonas Hidrográficas modeladas**



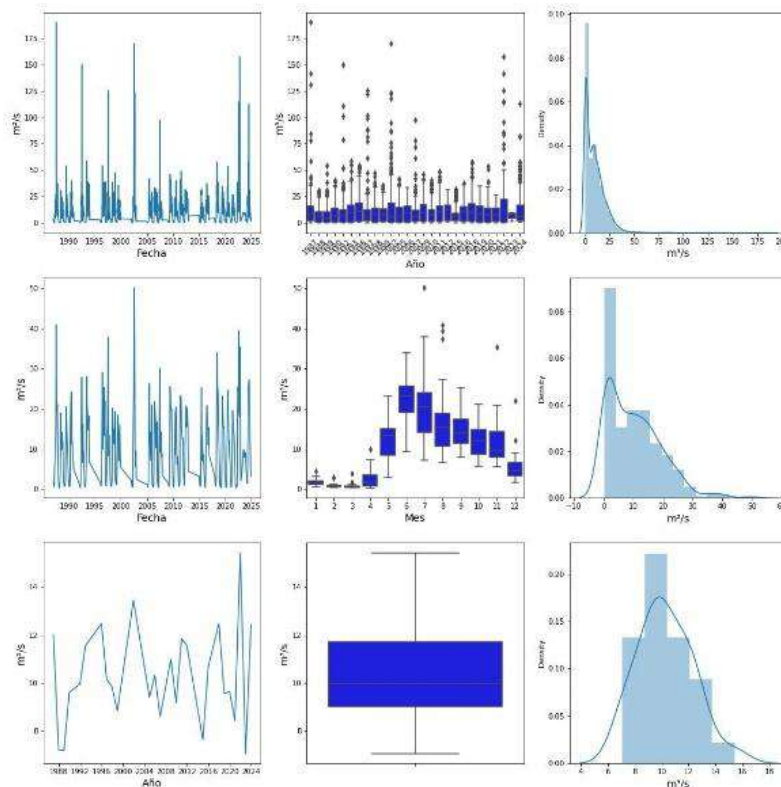
Fuente: ANLA, 2025

En el tramo modelado en caño Rubiales el régimen mensual es altamente estacional: el caudal medio mensual más bajo ocurre en marzo (0,782 m<sup>3</sup>/s) y el más alto en junio (22,061 m<sup>3</sup>/s), es decir, en el mes más lluvioso el caudal es cerca de 28 veces el del mes más seco. El mínimo mensual más restrictivo se presenta en abril (0,303 m<sup>3</sup>/s), mientras que el máximo mensual histórico se observa en julio (50,167 m<sup>3</sup>/s). Como referencias para condiciones críticas de calidad, los bajos caudales son Q95 = 0,521 m<sup>3</sup>/s y 7Q10 = 0,333 m<sup>3</sup>/s. En términos de frecuencia de crecientes, se estiman picos de aproximadamente 61,2 m<sup>3</sup>/s (T=2 años), 124,3 m<sup>3</sup>/s (T=10 años) y 301,5 m<sup>3</sup>/s (T=100 años); para estiaje, el caudal característico de T=10 años es cercano a 0,313 m<sup>3</sup>/s. Estos valores representan la disponibilidad natural previa a los vertimientos y se emplean como condición de borde aguas arriba en la modelación de calidad de agua.

Los afluentes NN1, NN2 y NN3 presentan el mismo patrón estacional, con mínimos de caudal medio mensual en marzo (aproximadamente 0,021; 0,017; y 0,013 m<sup>3</sup>/s, respectivamente) y máximos en junio (alrededor de

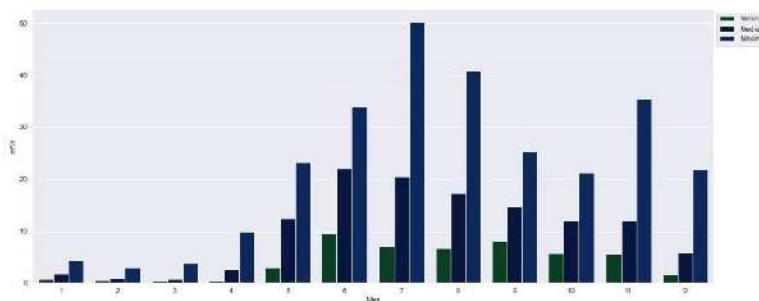
0,600; 0,494; y 0,356 m<sup>3</sup>/s), lo que implica contrastes del orden de 27 a 29 veces entre el mes más húmedo y el más seco. Los máximos mensuales se concentran en julio y se confirma una ventana de mayor disponibilidad entre junio y septiembre, aspecto relevante para la dilución y la operación en el tramo principal.

**Figura 57.** Comportamiento diario, mensual y anual del caudal en Caño Rubiales



Fuente: ANLA, 2025

**Figura 58.** Comportamiento mensual multianual del caudal en Caño Rubiales



Fuente: ANLA, 2025

**ESCENARIO FUTURO (2021–2100)**

Bajo el escenario SSP5-8.5, la estacionalidad se mantiene: los meses más secos siguen concentrándose en marzo–abril y el pico húmedo en julio.

En Alto Vichada, la oferta disminuye gradualmente a lo largo del siglo. Por décadas: 2021–2030 (Qmed: 262,3; Q95:49,7), 2031–2040 (270,1; 52,7), 2041–2050 (242,3; 52,0), 2051–2060 (246,8; 52,0), 2061–2070 (234,7; 47,3), 2071–2080 (235,8; 42,0), 2081–2090 (221,5; 39,6) y 2091–2100 (206,5; 39,5). El año más crítico en términos de oferta es 2096 (Qmed anual de 173,5), el más húmedo 2034 (289,2). La tendencia es descendente de –8,0 m<sup>3</sup>/s por década (–3,0 % respecto a 2021–2030).



En el río Guarrojo la señal es similar, con descensos algo más marcados en los bajos caudales hacia fin de siglo. Por décadas: 2021–2030 (Qmed: 115,6; Q95: 22,1), 2031–2040 (118,8; 23,9), 2041–2050 (105,7; 23,2), 2051–2060 (108,4; 23,6), 2061–2070 (102,5; 21,0), 2071–2080 (103,8; 19,1), 2081–2090 (98,2; 18,0) y 2091–2100 (91,0; 17,9). El año más crítico es 2096 (74,2), mientras que el año con mayor oferta ocurre en 2075 (127,3). La tendencia es a la baja,  $-3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  por década ( $-3,0\%$ ).

En el río Muco se observa la reducción relativa más alta hacia el final del siglo en Qmed y Q95. Por décadas: 2021–2030 (Qmed: 117,8; Q95: 24,2), 2031–2040 (120,2; 25,6), 2041–2050 (105,4; 24,4), 2051–2060 (107,7; 25,1), 2061–2070 (102,8; 22,7), 2071–2080 (105,0; 21,0), 2081–2090 (99,9; 19,9) y 2091–2100 (92,7; 19,8). El año más crítico es 2096 (72,5), y el más húmedo 2034 (133,3). La tendencia indica disminución de  $-3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  por década ( $-2,9\%$ ).

A nivel regional (conjunto del reporte), la trayectoria reproduce el patrón de las subzonas: 2021–2030 (Qmed: 495,2; Q95: 95,8), 2031–2040 (508,8; 102,1), 2041–2050 (452,9; 100,0), 2051–2060 (462,5; 100,9), 2061–2070 (439,6; 90,9), 2071–2080 (444,0; 82,1), 2081–2090 (418,9; 77,4) y 2091–2100 (389,4; 77,2). El año más crítico regional es 2096 (319,0), y el año con mayor oferta 2034 (549,0). La tendencia regional es descendente, del orden de  $-14,8 \text{ m}^3/\text{s}$  por década ( $-3,0\%$  respecto a 2021–2030).

En conjunto, el escenario por décadas bajo SSP5-8.5 sugiere estiajes cada vez más severos (Q95 decreciente) y una reducción progresiva de Qmed cercana a  $3\%$  por década en todas las subzonas y a escala regional, con los años 2090s concentrando las condiciones más críticas de oferta hídrica.

Bajo SSP5-8.5, el tramo de caño Rubiales mantiene la misma estacionalidad del régimen histórico: el mes más seco sigue siendo marzo y el pico ocurre en junio–julio. A escala decenal, el caudal medio diario (Qmed) desciende de  $7,7 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2021–2030 a  $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2091–2100 ( $-11\%$ ), mientras que el Q95 —representativo de condiciones de estiaje baja de  $0,229 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $0,177 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $-23\%$ ). Además, el contraste estacional se intensifica: la relación entre el caudal medio del mes más húmedo y el del mes más seco pasa de  $107\times$  en los 2020s a  $179\times$  en los 2090s, lo que implica estiajes más profundos y picos más concentrados.

En el horizonte completo 2021–2100, el año más crítico en oferta hídrica es 2051, con un promedio anual de  $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras que el año con mayor oferta es 2021 ( $\approx 8,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La tendencia anual ajustada es levemente descendente ( $-0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  por década), coherente con la disminución decenal señalada arriba.

Los afluentes NN1, NN2 y NN3 reproducen este patrón, mantienen marzo como mes más seco y junio–julio como periodo más húmedo, con reducciones relativas similares a las del cauce principal entre 2021–2030 y 2091–2100 ( $-11\%$  en Qmed y  $-23\%$  en Q95).

En conjunto, el escenario futuro sugiere menor capacidad de dilución en estiaje y mayor concentración de caudales en el pico de lluvias, condiciones que deben ser consideradas en las reglas operativas de vertimiento y en la evaluación de escenarios críticos de calidad de agua.

### Recomendaciones para la gestión

Se recomienda a la SELA que, en el proceso de evaluación de nuevas solicitudes de concesiones de agua o modificaciones a las existentes, las decisiones se apoyen en la comparación del caudal de la captación con los caudales de estiaje del punto representativo de cada subzona (Alto Vichada, Guarrojo y Muco). Cuando la captación sea alta frente a esos mínimos, se recomienda solicitar un plan de operación por temporadas basado exclusivamente en el régimen hidrológico: captar y almacenar durante la época de mayor disponibilidad (junio–julio y meses contiguos) para consumir en el estiaje (marzo–abril), reduciendo las tomas directas en los meses críticos. Adicionalmente, solicitar al titular, teniendo en cuenta la duración del proyecto, que demuestre que su esquema sigue siendo viable por décadas bajo el escenario futuro (2030s, 2050s, 2090s), y que cuenta con rutas de adaptación (más almacenamiento o ajuste de ventanas de captación) si la oferta desciende. En Caño Rubiales



y, especialmente, en los afluentes NN1–NN3, donde los mínimos característicos son muy bajos, se debe evitar autorizar captaciones y vertimientos en estiaje si no hay respaldo de volúmenes almacenados.

Se recomienda a la SSLA que, en el seguimiento se verifique el cumplimiento del régimen aprobado con base en campañas y registros. Se recomienda solicitar evidencias de los volúmenes almacenados en la época de mayor disponibilidad, volúmenes usados en estiaje y aforos o referencias a estaciones representativas durante marzo–abril, que muestren que la captación no presiona los caudales de época de estiaje. Así mismo, priorizar visitas de campo en marzo–abril en el Caño Rubiales, donde el régimen muestra mayor sensibilidad en la recepción de vertimientos.

Se recomienda a las Corporaciones Autónomas Regionales en jurisdicción, incorporar en los instrumentos de gestión del recurso hídrico las curvas de permanencia y los umbrales de estiaje por subzona, para orientar temporadas de restricción basadas en evidencia histórica y modelada; fortalecer la hidrometría con estaciones automáticas o aforos en estiaje y en crecientes en puntos de referencia de cada subzona hidrográfica, y actualizar cuando se requiera las curvas de gasto. A la luz de la disminución proyectada de la oferta por décadas, se recomienda establecer revisiones periódicas de umbrales de uso y promover en usuarios medianos y grandes almacenamiento intra-anual que desacople la demanda de los meses secos, en coordinación con los municipios.

Se recomienda a las Alcaldías y prestadores de acueducto preparar planes de estiaje que garanticen autonomía en marzo–abril mediante almacenamiento y eficiencia en la demanda; adaptar las tomas e infraestructura a la doble exigencia del régimen: operar con caudales muy bajos en estiaje y mantener seguridad frente a picos de creciente en junio–julio (accesos, anclajes, protecciones); así mismo promover campañas de uso eficiente y el traslado de consumos no esenciales hacia la temporada de mayor disponibilidad, reduciendo presión en los meses críticos.

Se recomienda como gestión interinstitucional coordinar acciones de paisaje orientadas a sostener el caudal base y suavizar la estacionalidad: reforestación, protección y restauración de rondas hídricas y planicies de inundación, y control de drenajes que aceleran el vaciado en temporada seca, permitiendo el aumento de la retención y liberación lenta intra-anual, apoyando los caudales de estiaje y reduciendo la frecuencia de temporadas restrictivas.

Para viabilizar y sostener estas acciones, se deben alinear compensaciones ambientales, medidas de gestión y acuerdos de conservación hacia la restauración de rondas, y planicies de inundación en sitios estratégicos de cada subzona, con el respectivo seguimiento indicadores verificables de cantidad, tales como kilómetros de ronda restaurada, hectáreas de planicie reconectada y número de conexiones hidráulicas reabiertas, junto con el seguimiento del régimen (campañas en temporada húmeda y estiaje) para comprobar la mejora en la permanencia del agua y la reducción de la frecuencia de temporadas restrictivas.

Adicionalmente se recomienda como gestión interinstitucional, actualizar los instrumentos para tratar el régimen de cantidad de agua como no estacionario, incorporando el régimen por décadas y bandas de incertidumbre (mínimos de estiaje, valores medios y periodos de mayor disponibilidad) en lugar de valores puntuales.

Finalmente, vincular las reglas de uso del agua a caudales de estiaje observados y a la ventana de mayor disponibilidad, con una cláusula de revisión quinquenal que ajuste umbrales y condiciones a la luz del seguimiento (campañas en estiaje y en temporada húmeda) y de la actualización de escenarios de cambio climático.

## **E. MODELACIÓN HÍDRICA SUPERFICIAL – CALIDAD DEL AGUA**

### **Objetivo específico del ejercicio de modelación**

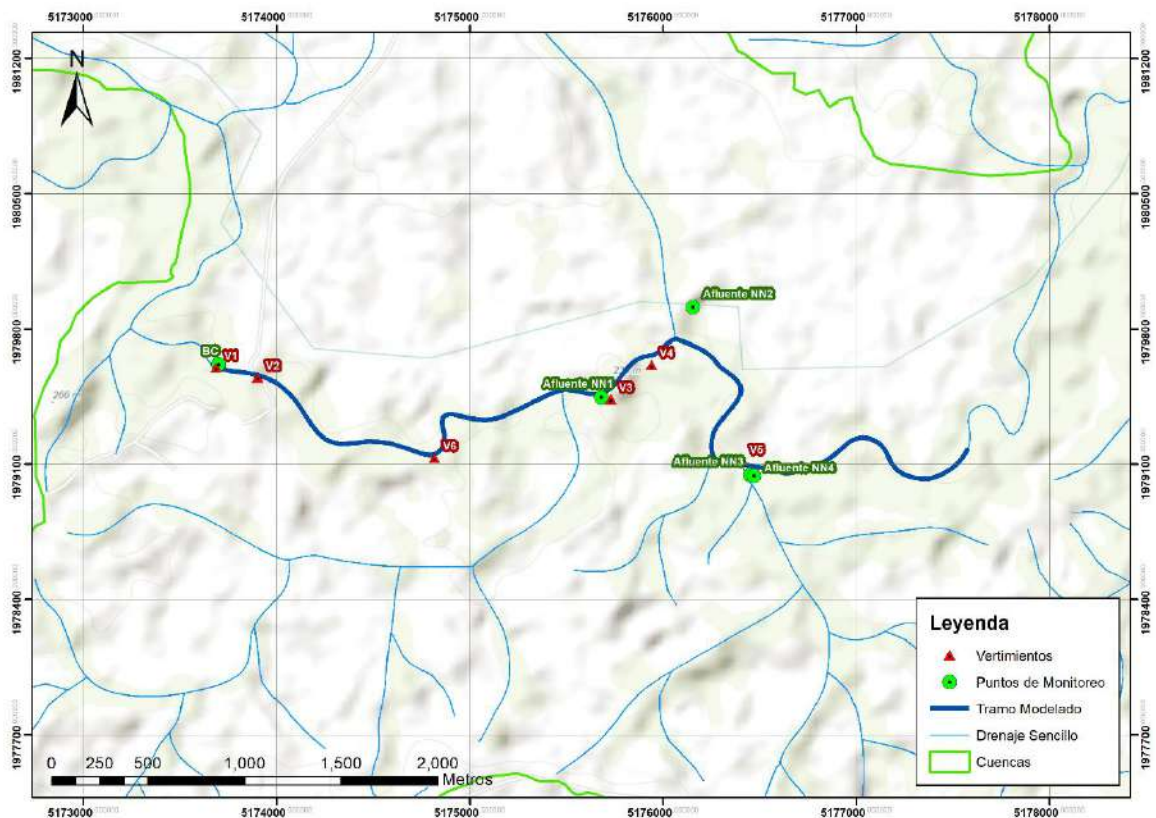
El ejercicio de modelación de calidad del agua en la cuenca del caño Rubiales tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cuerpo receptor frente a los vertimientos acumulativos bajo diferentes condiciones hidrológicas y climáticas, con el fin de determinar su capacidad de asimilación y el grado de cumplimiento frente a los objetivos de calidad establecidos. Para ello, se analizaron parámetros representativos como oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y

nitrógeno amoniacal en escenarios de caudal actual, mínimo, máximo y de cambio climático al 2051. Esta selección del año de modelación va en concordancia con los resultados de la modelación de cantidad que identificó este año como el de menor oferta hídrica y por ende menor capacidad de asimilación de cargas. Esta aproximación permitió identificar tramos sensibles a la mezcla y dilución, establecer los riesgos asociados a déficits de oxígeno —principal parámetro crítico en la zona— y generar insumos técnicos para la evaluación y seguimiento de proyectos, así como para la gestión integral y preventiva del recurso hídrico en el contexto de presiones acumulativas y mayor vulnerabilidad por variabilidad climática.

### Información utilizada

Para alcanzar el objetivo planteado se utilizaron los modelos de calidad del agua previamente validados y calibrados y entregados por el expediente LAM0019 (Radicado: 2019078512-1-000 del 10 de junio de 2019) en Estudio de Impacto Ambiental en el marco del proceso de modificación de licencia Ambiental. Los modelos de calidad del agua corresponden a Qual2K para los parámetros convencionales y WASP para parámetros tóxicos.

Figura 59. Esquema Conceptual – Modelo de Calidad del Agua.



Fuente: ANLA, 2025

La actualización de estos modelos se realizó usando la información de los Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA-18) de 2023, con énfasis en la estación RTLLAA (Coordenadas Origen Nacional: 5132937.08 E, 1958995.46), correspondiente a la campaña del 26 de julio de 2023. Así mismo, se usó la información recopilada y analizada para la estructuración del documento Fase IV Estrategia de Monitoreo del recurso hídrico superficial en la cuenca del Río Tillavá del 2024.

Finalmente, para el componente hidráulico de los modelos de calidad, se emplearon los caudales generados por la modelación hidrológica con SWAT cuya información del periodo 1987–2024 y verificación con mediciones de caudales reportados en la zona.



## Metodología

Del análisis realizado en la condición regional (VI. C) sumado a los resultados de la estrategia de monitoreo en la zona, se identificaron aproximadamente 14 parámetros clave (medidos en el ICA e incorporados en los modelos presentados) como fueron: bario, coliformes totales, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno, fosfato, fósforo total, hierro, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, pH y temperatura del agua; los cuales se enfocaron en el análisis de los resultados de la modelación.

En este sentido y con el fin de representar analizar la respuesta de la calidad del agua de los parámetros seleccionados en diferentes condiciones hidrológicas, tanto en el tramo principal del caño Rubiales como en los afluentes NN1, NN2 y NN3, se estructuraron cuatro escenarios hidrológicos y de caudal. En todos los casos se consideraron como referencia las concentraciones medidas en 2024 para la componente de calidad:

**ESC 1** – Condición actual: caudal simulado para el 26 de julio de 2023.

**ESC 2** – Caudal mínimo: caudal mínimo anual simulado del río.

**ESC 3** – Caudal máximo: caudal máximo anual simulado del río.

**ESC 4** – Cambio climático: caudal medio anual simulado para 2051, construido con base en los escenarios de cambio climático.

En todas las simulaciones se mantuvo la presencia simultánea de los vertimientos, con el objetivo de evaluar la capacidad de asimilación del sistema bajo condiciones de mayor exigencia por disponibilidad hídrica, así como valorar la influencia potencial de escenarios futuros asociados al cambio climático. Este enfoque permite comparar el comportamiento entre caudales bajos, medios y altos, identificar tramos sensibles a la mezcla y dilución, y revisar el margen de cumplimiento frente a los objetivos de calidad establecidos para el área de estudio.

En el modelo de calidad de agua, la calibración y validación se realizaron con base en la representación de los procesos físicos y biogeoquímicos del caño Rubiales presentados en el *Informe MCA Rubiales (2018)*. Durante la calibración, se ajustaron las constantes más sensibles como la tasa de oxidación de la DBO y la de decaimiento de patógenos—hasta lograr una correspondencia adecuada entre los datos simulados y observados. La validación, efectuada con registros independientes de monitoreo, confirmó que el modelo reproducía correctamente las condiciones reales de parámetros como oxígeno disuelto, DBO, DQO, pH y conductividad, demostrando un desempeño coherente y confiable para la evaluación de la calidad del agua en el sistema.

## Supuestos de modelación

La información de calidad del agua corresponde a la campaña del 26 de julio de 2023, considerada la condición más crítica del cauce modelado (derivado de bajos caudales y concentraciones más bajas de oxígeno disuelto en la condición de frontera). En la carga de datos se incluyeron parámetros con concentraciones reportadas por debajo del límite de cuantificación (en especial, metales); en esos casos se adoptó el propio límite como dato de entrada, siguiendo un criterio conservador para evitar la subestimación de la carga contaminante. Las concentraciones y los caudales de los vertimientos se mantuvieron conforme a los valores definidos en el modelo inicial.

En el modelo entregado por el proyecto, las estaciones de monitoreo de calidad de agua que no coincidían con los puntos de Vertimiento 1, Vertimiento 2, Afluente 1 y Afluente 4, por lo que se completaron mediante interpolación usando los tiempos pico obtenidos en las estaciones del estudio con trazadores. Con esto se alinearon los instantes de comparación entre las mediciones de calidad y el transporte en el cauce.

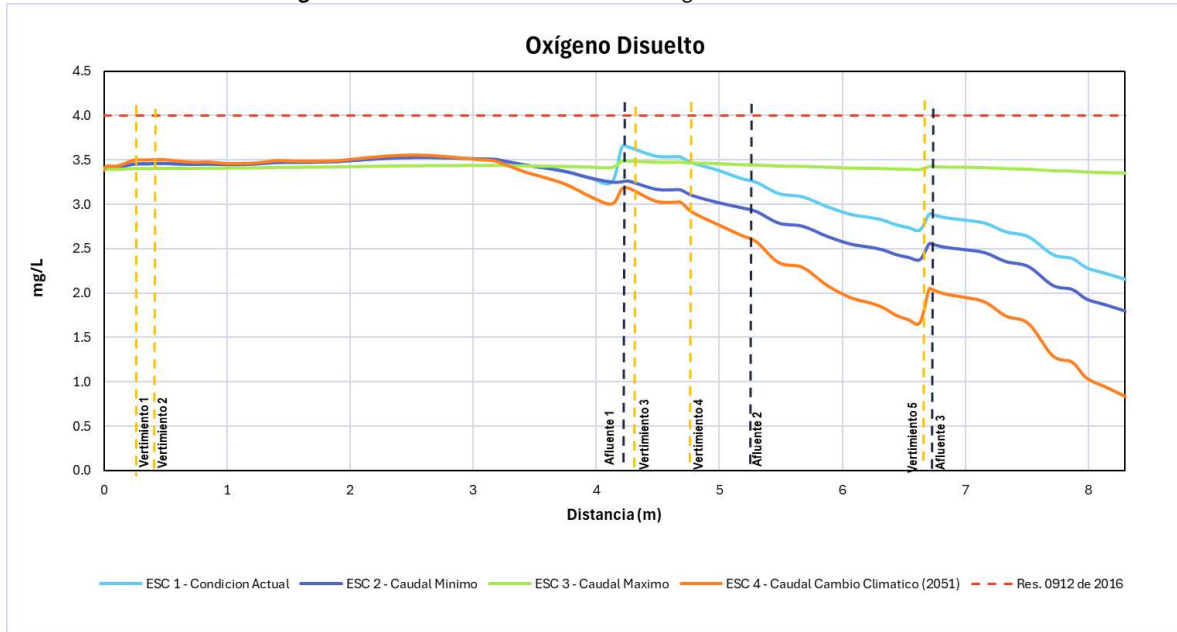
Finalmente, se mantuvieron las mismas constantes de calibración del ejercicio previo para conservar la coherencia con los resultados ya validados.

## Resultados (Hallazgos principales escenario actual y cambio climático)

Los resultados modelados evidencian variaciones significativas entre escenarios. Por ejemplo, la Figura 60 muestra las concentraciones de Oxígeno Disuelto (OD), donde en el escenario actual se observa las concentraciones inician

alrededor de 3,39 mg/L en la cabecera y presentan ligeras oscilaciones en los primeros cuatro kilómetros en donde la influencia del vertimiento 1 y el 2 generan leves disminuciones al parámetro, luego presenta un aumento puntual hasta 3,65 mg/L, posiblemente asociado a una zona mezcla atribuida al afluente 1. Sin embargo, a partir de los cinco kilómetros la concentración cae progresivamente, alcanzando valores mínimos cercanos a 2,0 mg/L al final del tramo, lo que indica un déficit de oxígeno en las zonas bajas del sistema.

Figura 60. Concentraciones simuladas de oxígeno disuelto – escenario actual.



Fuente: ANLA, 2025

Bajo condiciones de caudal mínimo (ESC2), los valores siguen un comportamiento similar, pero con concentraciones aún menores. El oxígeno disuelto parte igualmente en 3,39 mg/L y desciende hasta 1,64 mg/L al final del tramo. En el escenario de caudal máximo (ESC3) se evidencian las condiciones más favorables. El parámetro se mantiene más estable, con valores que oscilan entre 3,33 y 3,49 mg/L, reflejando una mejor oxigenación. Aun así, no se alcanzan los 4 mg/L establecidos por el objetivo de calidad de agua.

El escenario de cambio climático proyectado al año 2051 (ESC4) presenta el comportamiento más crítico. Aunque al inicio las concentraciones son similares a las actuales (3,39 mg/L) e incluso registran un leve incremento hasta 3,56 mg/L, la tendencia posterior es marcadamente descendente, llegando a apenas 0,61 mg/L al final del tramo. Estas variaciones se correlacionan con la dilución y reoxigenación: caudales altos favorecen OD, mientras que sequías o cambios climáticos severos intensifican la depleción de oxígeno.

Es importante resaltar que estos resultados se dan por la condición aguas arriba del modelo, donde ya la condición de calidad del agua respecto a OD viene con valores de 3.39 mg/L derivado de mediciones realizadas en campo.

Según los objetivos de calidad para cuerpos de agua (CORMACARENA 2016, Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016), el valor mínimo admisible del oxígeno es de 4 mg/L. Los resultados de modelación muestran que, en los escenarios con caudales reducidos y bajo condiciones de cambio climático, este umbral se incumple de forma recurrente, reflejando una calidad deficiente o crítica para el mantenimiento de la biota acuática. La caracterización multitemporal realizada entre 2018 y 2024 reporta concentraciones promedio de OD entre 4,15 y 6,02 mg/L, con más del cincuenta por ciento de los registros por debajo de 5,0 mg/L durante los años secos (2018, 2023 y 2024). Los valores mínimos observados en la región oscilan entre 2,2 y 7,8 mg/L, con un promedio cercano a 5,5 mg/L, lo que corresponde a categorías de calidad entre “aceptable” y “mala” según la clasificación vigente. En algunos



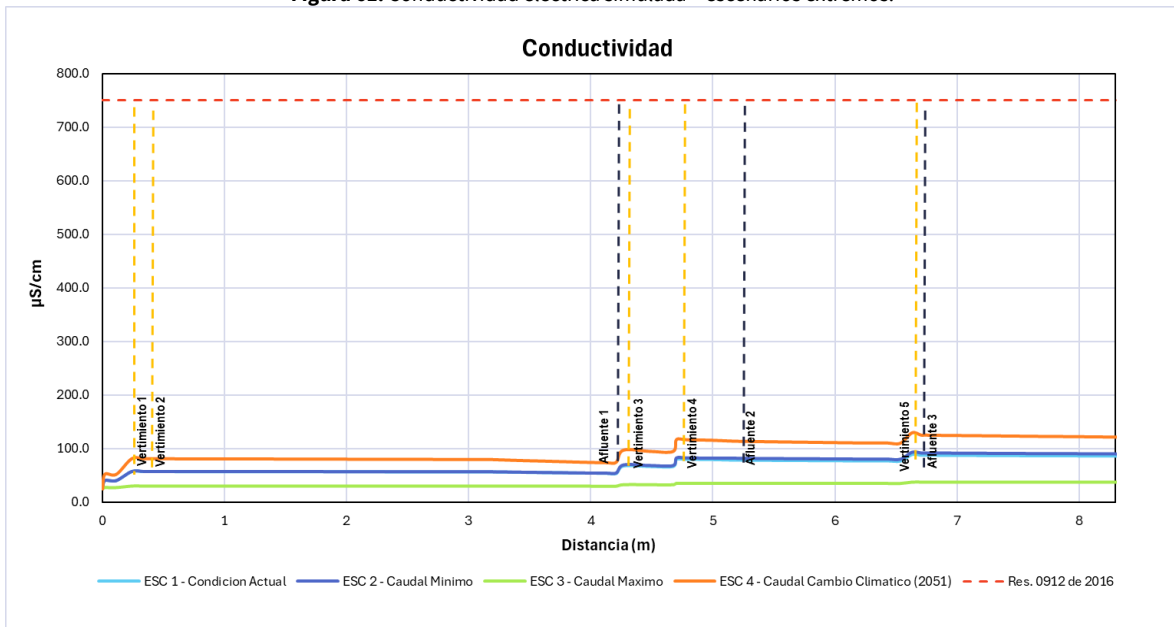
puntos, las concentraciones son extremadamente bajas, evidenciando un estado de estrés agudo para la comunidad hidrobiológica.

En conjunto, tanto la modelación como los resultados de monitoreo confirman que la disminución de la disponibilidad hídrica intensifica la reducción del oxígeno disuelto, alcanzando niveles incompatibles con la normativa ambiental y con la preservación de los ecosistemas acuáticos.

En contraste, la conductividad eléctrica (CE) simulada se mantiene muy por debajo de los límites normativos (750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  definido en la Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016) en todos los escenarios. Como muestra la Figura 61, en la condición actual (ESC1), la conductividad inicia en 24  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y aumenta progresivamente hasta alcanzar cerca de 85  $\mu\text{S}/\text{cm}$  al final del tramo. Bajo condiciones de caudal mínimo (ESC2), el comportamiento es similar, pero con valores ligeramente superiores, alcanzando 89  $\mu\text{S}/\text{cm}$  al final del recorrido. En el escenario de caudal máximo (ESC3), las concentraciones son más bajas y estables, con valores comprendidos entre 24 y 36  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por su parte, el escenario de cambio climático proyectado para 2051 (ESC4) presenta un comportamiento más crítico. Los valores aumentan de 24  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la cabecera a más de 119  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la parte final, registrando incrementos superiores al 40 % respecto al escenario actual.

En todos los casos, los valores se mantienen por debajo del límite de 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecido en la Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016, por lo que no se evidencian niveles de salinidad que comprometan la calidad del agua en términos normativos.

Figura 61. Conductividad eléctrica simulada – escenarios extremos.

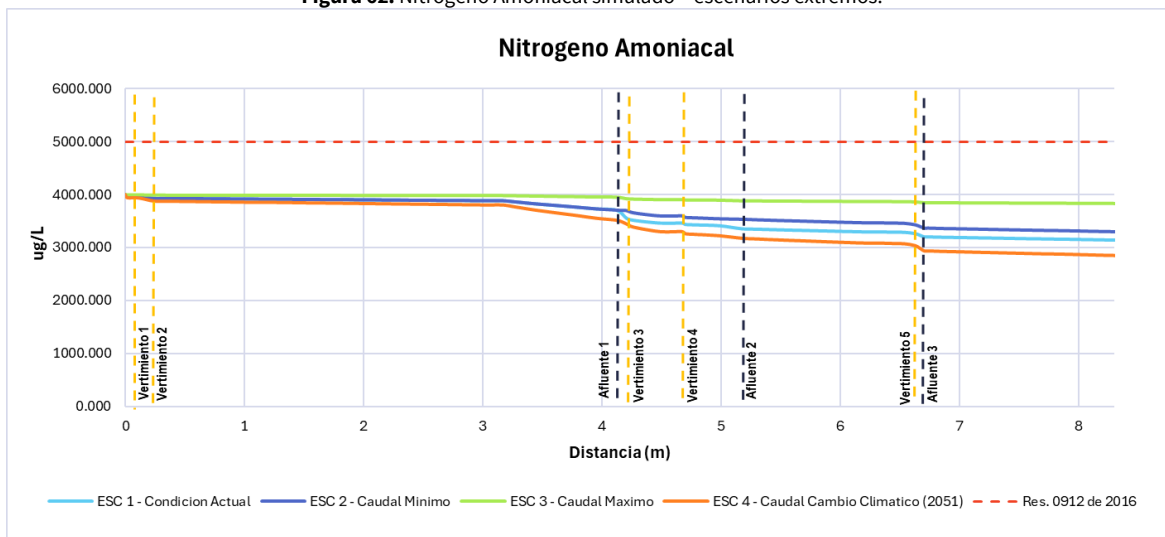


Fuente: ANLA, 2025

Teniendo en cuenta las condiciones encontradas de oxígeno se analizó el nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ). muestra concentraciones moderadas entre 3100 y 4000  $\mu\text{g}/\text{L}$  en todos los escenarios. En la condición actual, los valores disminuyen de 4000 a 3100  $\mu\text{g}/\text{L}$  hacia aguas abajo, evidenciando un proceso de asimilación progresiva. Bajo caudal mínimo, las concentraciones son ligeramente mayores por la menor dilución, mientras que en caudal máximo se mantienen más estables y algo menores. En el escenario de cambio climático proyectado para 2051, los valores disminuyen hasta 2800  $\mu\text{g}/\text{L}$  debido a la combinación de menor caudal y mayor temperatura. En todos los casos, las concentraciones permanecen por debajo del límite de 5000  $\mu\text{g}/\text{L}$  establecido por la Resolución No. PS-GJ

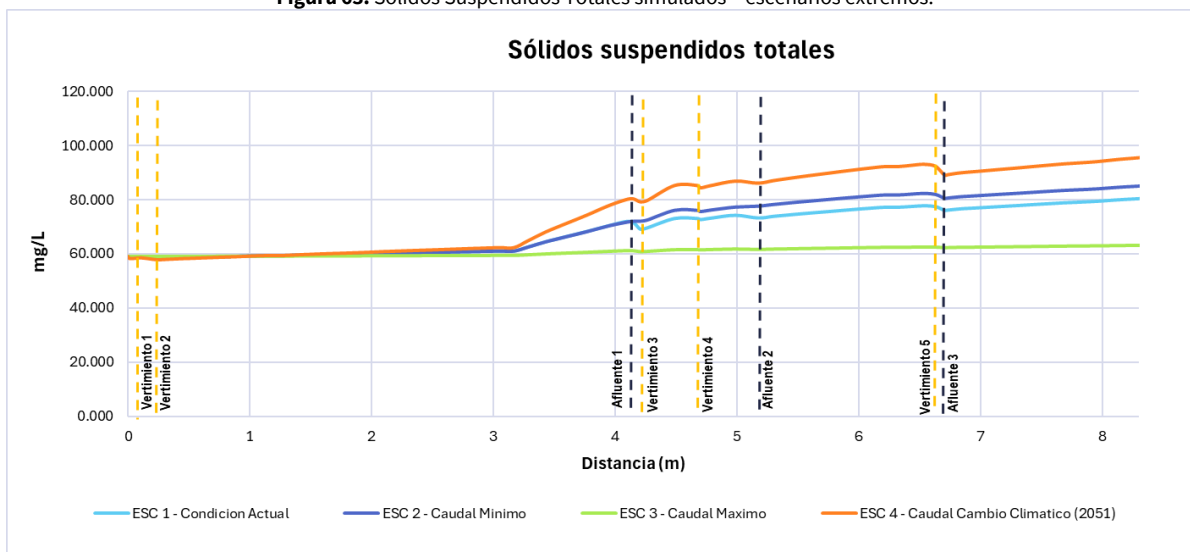
1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016, cumpliendo con los criterios de calidad ambiental. No se observan incrementos dramáticos de amoniaco que indiquen contaminación aguda.

Figura 62. Nitrógeno Amoniacal simulado – escenarios extremos.



Fuente: ANLA, 2025

Figura 63. Sólidos Suspendidos Totales simulados – escenarios extremos.



Fuente: ANLA, 2025

El comportamiento de los sólidos suspendidos totales (SST) muestra un incremento progresivo a lo largo del tramo en todos los escenarios, con valores que van desde aproximadamente 59 mg/L en la cabecera hasta cerca de 81–97 mg/L al final. En la condición actual y bajo caudal mínimo, las concentraciones son similares, con leves aumentos hacia aguas abajo, asociados al arrastre natural de partículas y la sedimentación progresiva. En el escenario de caudal máximo, los valores se mantienen más bajos (en torno a 59–63 mg/L), debido al efecto de dilución generado por el mayor caudal. En contraste, bajo condiciones de cambio climático, las concentraciones alcanzan los valores más altos (hasta 97 mg/L), reflejando menor capacidad de dilución y posibles aportes de material fino por escorrentía superficial.



El resto de los parámetros analizados se mantienen sin variaciones significativas en sus concentraciones, incluso aquellos asociados a las actividades económicas presentes en la zona, como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los fenoles, el pH y la temperatura del agua. En todos los casos, las concentraciones se mantienen dentro de los rangos permitidos por la normativa ambiental vigente, cumpliendo con los valores establecidos en la Resolución No. PS-GJ 1.2.6.16.0912 del 26 de julio de 2016 para la preservación de la calidad del recurso hídrico. En variaciones en concentraciones que llamen la atención incluso los asociados a las actividades económicas en la zona como podrían ser DBO, Fenoles, sólidos suspendidos totales, pH y temperatura del agua.

### Recomendaciones para la gestión

En primer lugar, se hace evidente la necesidad de reforzar los esquemas de monitoreo de calidad del agua, particularmente en parámetros sensibles como el oxígeno disuelto (OD), el cual mostró vulnerabilidades recurrentes frente a los escenarios de caudal mínimo y de cambio climático. Dado que este parámetro se encuentra estrechamente vinculado con la capacidad de asimilación de cargas orgánicas, se recomienda ampliar la frecuencia de muestreo en estaciones críticas del Tillavá y sus tributarios (ej. caños Rubiales, Masisiferiana, Arrabo e Ivoto), incluyendo campañas específicas en épocas secas. Este fortalecimiento debe incorporar tecnologías de monitoreo en continuo (sondas multiparamétricas) que permitan anticipar episodios de déficit de oxígeno y dar soporte a decisiones oportunas de control.

De manera complementaria, se sugiere ajustar las exigencias de seguimiento a proyectos con vertimientos autorizados. La modelación mostró que, si bien la conductividad eléctrica y el nitrógeno amoniacal permanecen en niveles permisibles, el oxígeno disuelto es sensible a los aportes acumulativos, especialmente en estiaje. Por tanto, los Programas de Seguimiento y Monitoreo (PSM) de cada proyecto a licenciar y licenciados en el área de influencia del reporte de alerta deberán incluir variables adicionales de control como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), coliformes y sólidos suspendidos, todos ellos vinculados a la pérdida de oxigenación del cuerpo receptor.

En términos de gestión interinstitucional, es fundamental fortalecer la articulación entre la ANLA, CORMACARENA, los municipios del área de influencia y las empresas titulares de licencias ambientales. Esta articulación debería orientarse a la implementación de un programa de control de cargas orgánicas acumulativas, que reconozca que los impactos sobre el OD no son atribuibles únicamente a un proyecto, sino al conjunto de vertimientos en la cuenca. En ese sentido, se recomienda establecer un sistema regional de cupos de carga para parámetros críticos (DBO, DQO y nutrientes), de forma que se limite la presión conjunta sobre el río Tillavá en escenarios de menor caudal.

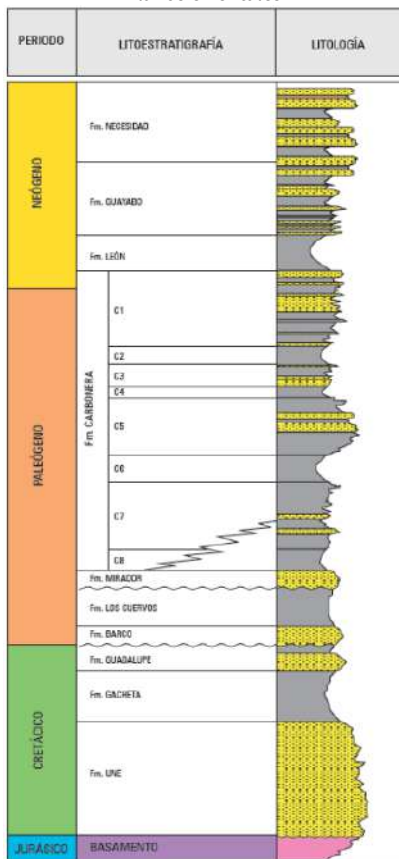
En el contexto de cambio climático, se aconseja incorporar escenarios climáticos en los estudios de impacto ambiental y en los planes de manejo de proyectos existentes, considerando la proyección de mayores sequías y temperaturas que reducen la solubilidad del oxígeno. Las empresas deberán integrar estrategias de eficiencia hídrica, recirculación y tratamiento avanzado en sus procesos, con el fin de minimizar vertimientos en épocas críticas. Desde la gestión pública, se recomienda que los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas (POMCA) incorporen explícitamente criterios de resiliencia climática en la definición de objetivos de calidad.

Finalmente, se resalta la importancia de avanzar hacia la automatización de la gestión de datos. La integración de la información generada por las empresas, la autoridad ambiental y los sistemas de monitoreo en tiempo real en una plataforma regional de análisis permitirá contar con tableros de control que faciliten la toma de decisiones inmediatas y transparentes. Esta herramienta debe diseñarse con enfoque preventivo, de manera que se puedan activar alertas tempranas cuando los parámetros de calidad del agua, en especial el OD, se acerquen a valores críticos.

## XV. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO

El presente análisis regional se basa en la información presentada por los distintos licenciarios en Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA), Estudios de Impacto Ambiental (EIA), entre otros, y almacenado en la Base de Datos Corporativa (BDC); asimismo, contempla lo presentado en el documento de Reporte de Alertas de las Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM) del año 2018, así como el documento de estado de los recursos naturales de la Estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en las subzonas hidrográficas Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco – AVRGM de octubre del 2024, como elementos predecesores del presente análisis.

**Figura 64.** Columna estratigráfica de los Llanos Orientales



Fuente: ANH, 2012

De acuerdo con la cartografía del Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2015), en el área de estudio afloran cuatro (4) unidades cronoestratigráficas: Q-al (Depósitos aluviales y de llanuras aluviales), Q-e (Depósitos eólicos (dunas) y loes), Q-t (Terrazas aluviales), y N1-Sc (Conglomerados y arenitas poco consolidados con matriz ferruginosa y arcillosa. También arcillolitas con intercalaciones de limolitas, lodolitas arenosas y arenitas); esta última correspondería (en escalas más gruesas) a la Formación Caja. Además, como marco geológico regional es importante señalar que el área de estudio se encuentra en la cuenca (y provincia hidrogeológica) de los Llanos Orientales, una cuenca de antepaís desde finales del Eoceno tardío, que presenta altas tasas de acumulación y gran subsidencia hacia el sector del Piedemonte Llanero (Duarte, y otros, 2017); previamente, las rocas sedimentarias en el Piedemonte Llanero y cuenca Llanos Orientales fueron depositadas en una cuenca que se desarrolló de otra cuenca de tipo retro-arco, en el Cretáceo Tardío (ANH, 2012). Así pues, la sucesión estratigráfica resultante es una sucesión de estratos del Cretáceo Superior al Neógeno, ampliamente estudiada en el país por su interés tanto científico como económico, y su cronoestratigrafía se presenta en la Figura 64.

Dado que en el área de estudio no hay presencia de sistemas acuíferos identificados en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, Estudio Nacional del Agua, 2022), es necesario llevar a cabo el presente análisis a nivel de unidades hidrogeológicas: la ocurrencia de aguas dulces se da en los depósitos Cuaternarios y en Formación Caja (identificada como Formación Guayabo en el léxico petrolero), de donde se realiza la explotación para uso doméstico en la región. A continuación, se describen las unidades geológicas de relevancia para el presente estudio, de base a tope, de acuerdo con su función hidrogeológica de acuerdo con ANLA (2024):

- Formación Carbonera: es la principal unidad productora de hidrocarburos y receptora de aguas de producción en los proyectos contemplados en la estrategia de monitoreo en las subzonas



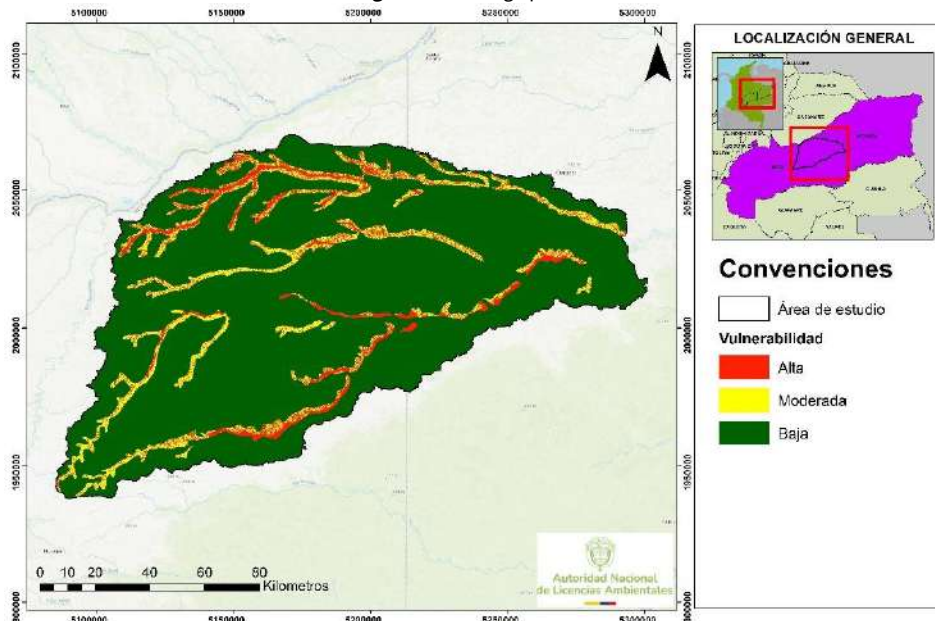
hidrográficas Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco – AVRGM. Presenta litologías preponderantemente arenosas, con intercalaciones y presencia de lutitas, arcillolitas y limolitas en sus distintos miembros: sus miembros impares (C1, C3, C5 y C7) corresponden a arenitas depositadas predominantemente en ambientes deltaicos, mientras que los miembros pares (C2, C4, C6 y C8) corresponden a secuencias de lutitas. Las unidades objetivo de inyección son C1, C3, C5 y C7.

- Formación León: es el sello regional de la cuenca, conformada preponderantemente por capas gruesas de lutitas, con espesores máximos de alrededor de 700 metros (ANH, 2012).
- Formación Caja: se caracteriza por constituir acuíferos de porosidad intergranular que son captados en sus primeros metros por las comunidades y a mayores profundidades por la industria petrolera principalmente. De acuerdo con el SGC (2010) en su base se constituye por arcillolitas y limolitas con esporádicas intercalaciones de areniscas arcillosas de grano fino a medio y conglomerados de hasta 1m de espesor. Presenta una alternancia de arcillolitas, limolitas y conglomerados de cantos de cuarzo, areniscas y chert cementados en una matriz arenosa. El espesor total alcanza los 2500 metros, y en el área de estudio ronda los 450 metros de acuerdo con ANLA (2020) a partir de registros de pozos petroleros. Los afloramientos del centro sur del departamento del Meta corresponden a niveles del tope de la Formación Caja, la cual se denomina en la industria petrolera con la Formación Guayabo Superior.
- Depósitos Cuaternarios: tal como se presentó, en el área de interés se identifican tres tipos de Depósitos Cuaternarios: eólicos y/o dunas (Q-e), aluviales (Q-al) y terrazas (Q-t); estos están compuestos principalmente de arenas y gravas. La unidad de Depósitos eólicos (Q-e) es la de mayor extensión en el área de estudio, y sobre la cual se identifican cuatro (4) puntos de captación en el marco de la estrategia de monitoreo regional mencionada.

## **A. CONDICIÓN REGIONAL DEL COMPONENTE HÍDRICO SUBTERRÁNEO**

*Vulnerabilidad:* A partir de la capa cartográfica de zonas potenciales de recarga de (IDEAM, 2018) se encuentra que en el área de estudio preponderan las áreas de baja potencial de recarga de los acuíferos y, consecuentemente, baja vulnerabilidad ante cargas de contaminación que tienen lugar en superficie, pues se estas abarcan aproximadamente el 86% de la superficie del área regionalizada. Por su parte, las áreas de moderado potencial de recarga de los acuíferos y moderada vulnerabilidad ante cargas de contaminación que tienen lugar en superficie, y aquellas con alto potencial de recarga de los acuíferos y alta vulnerabilidad ante cargas de contaminación que tienen lugar en superficie, corresponden al 7.23% y 6,47% del área, respectivamente. En la Figura 65 se observa que estas zonas con mayor potencial de recarga se encuentran asociadas con depósitos en las márgenes de los ríos en la región. Como se indica en (ANLA, 2024), la recarga se da de forma directa por infiltración.

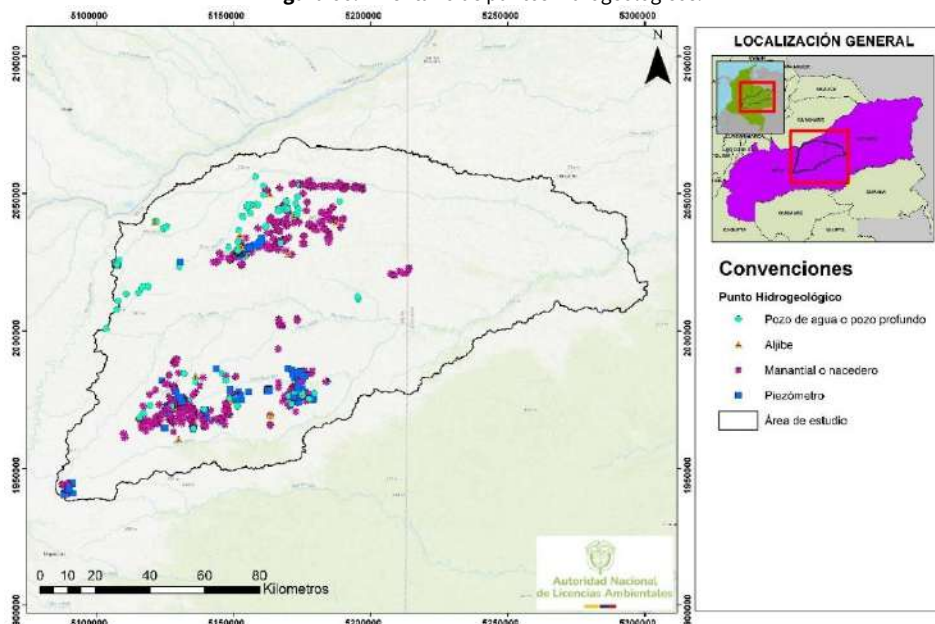
Figura 65. Recarga potencial



Fuente: ANLA, 2025, a partir de IDEAM (2018)

*Inventario:* A partir de la información que reposa en la Base de Datos Corporativa (BDC) de esta Autoridad Nacional, se encuentra que en el área de estudio hay 1256 puntos hidrogeológicos, de los cuales la mayor parte corresponde a manantiales o nacedores (449), con presencia también de pozos de agua (412), piezómetros (234) y aljibes (161). Es de anotar que los puntos aquí mencionados tienden a distribuirse espacialmente con una preferencia hacia los sectores noroeste y suroeste del área de interés, lo que coincide en gran parte con presencia de proyectos licenciados, debido a que es en estas zonas donde se realizan los inventarios por parte de los licenciatarios.

Figura 66. Inventario de puntos hidrogeológicos.



Fuente: ANLA, 2025



Permisos: Como resultado de la validación de información realizada en el marco del presente Reporte de Análisis Regional, es de señalar que en el área hay un total de 16 proyectos con permisos de captación del recurso hidrogeológico; la información de estas autorizaciones se consolida a continuación:

**Tabla 32.** Permisos de captación de agua subterránea

Expediente	Autoridad Ambiental	Puntos de captación	Caudal total concesionado (l/s)
LAM0019	ANLA/MADS	8	25.9
LAM2965	ANLA	3	18
LAM2997	MADS	2	4.2
LAM3293	MADS	1	2
LAM3338	ANLA	7	17.5
LAM4221	MADS	5	15
LAM4352	ANLA	1	2.6
LAM4795	ANLA	6	34
LAM5170	ANLA	14	42
LAM5281	ANLA	3	4.02
LAM5506	ANLA	2	9.6
LAM5995	ANLA	5	20
LAV0006-12	ANLA	1	5
LAV0012-00-2018	ANLA	3	12
LAV0041-13	ANLA	10	3
LAV0084-13	ANLA	18	3.5

Fuente: ANLA, 2025

El caudal total concesionado es de **211.82 l/s**, siendo el expediente LAM5170 el que mayor caudal de captación tiene autorizado con 42 l/s.

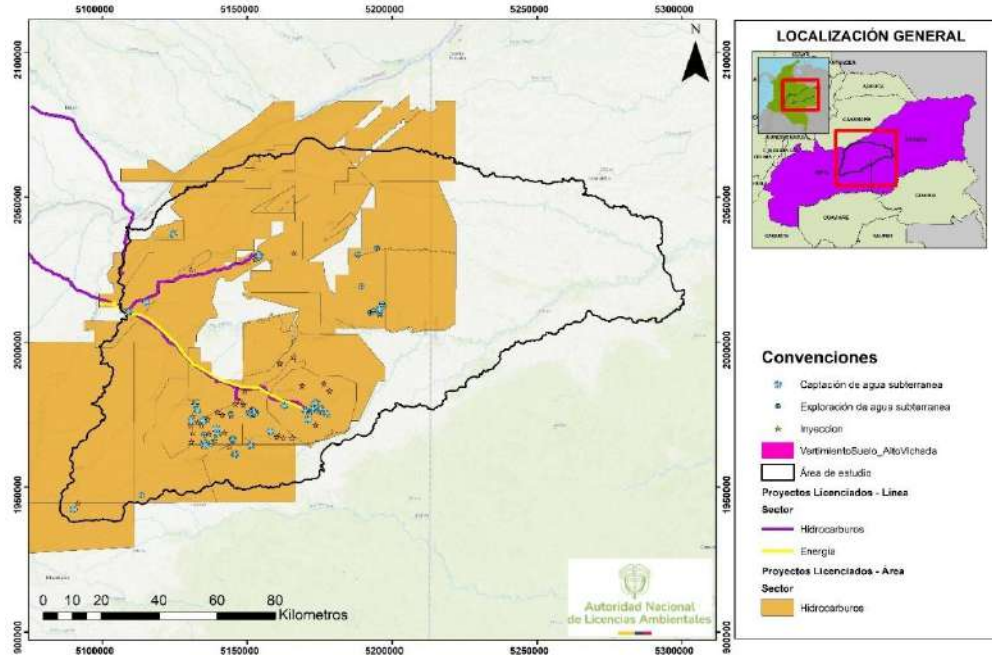
Además, mediante los registros del Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) es posible encontrar las concesiones de captación del recurso para usos fuera de licenciamiento, como lo son el uso agrícola, acuícola, doméstico, entre otros, otorgados por las Corporaciones Autónomas Regionales en el área de estudio. No obstante, no se encontraron registros de captaciones vigentes al interior del área de estudio.

Por otra parte, dieciséis (16) expedientes cuentan con permiso de vertimiento al suelo: LAM0019, LAM2965, LAM3340, LAM3524, LAM3678, LAM4221, LAM4352, LAM4503, LAM4795, LAM4973, LAM5088, LAM5172, LAM5297, LAV0006-12, LAV0011-14, y LAV0090-00-2014.

Finalmente, se encuentran 16 expedientes que realizan la actividad de inyección al subsuelo; esta actividad será revisada a profundidad en la sección de Sismicidad inducida.

La distribución espacial de estos permisos y actividades se presentan en la Figura 67.

Figura 67. Permisos hidrogeológicos



Fuente: ANLA. 2025

## B. ANÁLISIS DE TENDENCIA HIDROGEOLÓGICA

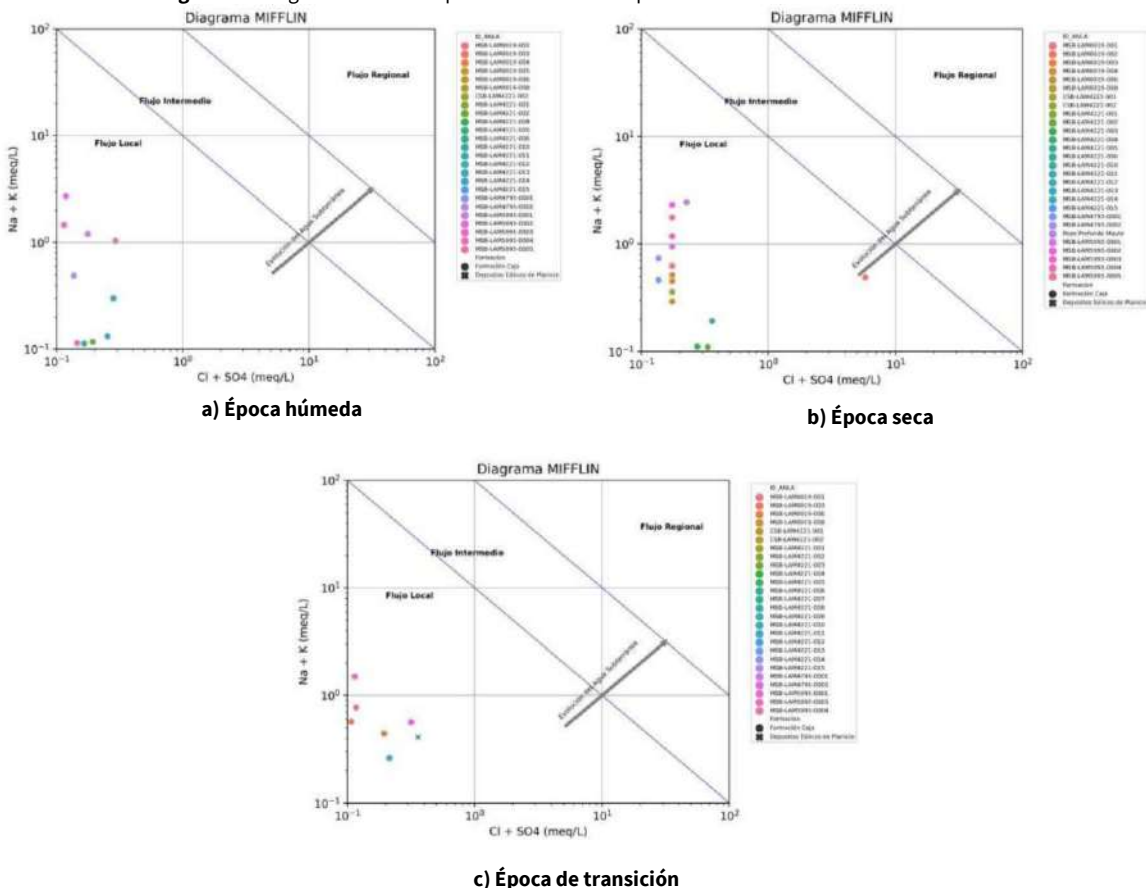
Al margen de lo planteado en el Reporte de Alertas de las Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM) del año 2018, en el cual se indicaba la necesidad de estandarizar parámetros y frecuencias de monitoreo en los puntos que conforman las redes de monitoreo de aguas subterráneas de los proyectos de E&P de hidrocarburos, se formuló la Estrategia de Monitoreo Regional del recurso hídrico subterráneo en las subzonas hidrográficas Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco – AVRGM. A partir de la modificación de condiciones de monitoreo para los expedientes seleccionados en el área de estudio, se procedió a compilar y analizar la información producto de dichos monitoreos, de lo cual se presentan los hallazgos más relevantes a continuación:

- *Nivel estático:* Los niveles estáticos de la Formación Caja muestran una tendencia general entre 20 y 65 m de profundidad. De igual manera, para la mayoría de los puntos se evidencia que a lo largo del año hidrológico hay una leve variación en los niveles producto del comportamiento de la precipitación en la zona de estudio. Se observa, además, que la superficie piezométrica se profundiza en dirección Occidente-Oriente, independientemente de la época climática; esta varía entre los 153 y 199 m.s.n.m., mostrando un leve ascenso durante la temporada de lluvias en comparación con la época seca. Este comportamiento está relacionado con la influencia de las precipitaciones sobre los acuíferos del área de estudio y la recarga directa por infiltración.
- *Flujo regional:* El tipo de flujo identificado en las tres temporadas climáticas analizadas es local, correspondiendo esto con bajas mineralizaciones de las aguas muestreadas, producto de tiempos de residencia y tránsito cortos, con recargas provenientes todo el año posiblemente de la infiltración directa de la precipitación en las amplias áreas de afloramiento tanto de la Formación Caja como de los Depósitos Eólicos.
- *Oxígeno Disuelto y pH:* los valores obtenidos de los monitoreos son típicos de aguas subterráneas y no presentan anomalías a nivel regional.
- *Sólidos Disueltos Totales y Conductividad Eléctrica:* En el área de estudio la concentración de sólidos disueltos totales a nivel regional es inferior a 800 mg/L, lo que indica que el agua subterránea monitoreada en las unidades geológicas analizadas corresponde a aguas dulces según la clasificación

de Freeze y Cherry (1979), que establece como límite máximo 1000 mg/L; esto coincide con las mediciones de Conductividad Eléctrica, la cual presenta concentraciones inferiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- *Hidrocarburos totales y fenoles*: Los parámetros asociados a hidrocarburos no registraron concentraciones detectables en ninguno de los puntos monitoreados, por ende, no se identifican situaciones que sugieran una posible afectación a la calidad del agua subterránea a causa de dichas sustancias.
- *Parámetros microbiológicos*: Los parámetros microbiológicos analizados, no presentan excedencias a los límites normativos
- *Metales pesados*: En relación con los metales pesados, se evidenció una predominancia generalizada de aluminio, hierro y manganeso, cuya variación se ve ligada al comportamiento hidrológico de la zona de estudio, lo que sugiere una presencia natural de dichos elementos en las rocas, los cuales pueden migrar hacia el agua subterránea debido a posibles procesos de meteorización.
- *Hidrogeoquímica*: A partir de diagramas de Gibbs, se encontró que la concentración de cationes en el agua subterránea está principalmente influenciada por procesos de precipitación, independientemente de la época climática, más que de los aportes a partir de procesos de interacción agua – roca. Por otra parte, se analiza la evolución del agua subterránea con base en diagramas de Mifflin que, en coherencia con lo observado en los diagramas de Gibbs, permiten afirmar que el tipo de flujo en las tres temporadas climáticas analizadas es local, correspondiendo esto con bajas mineralizaciones de las aguas muestreadas, producto de tiempos de residencia y tránsito cortos, con recargas provenientes todo el año posiblemente de la infiltración directa de la precipitación en las amplias áreas de afloramiento tanto de la Formación Caja como de los Depósitos Eólicos.

**Figura 68.** Diagramas de Mifflin para las distintas temporadas climáticas en el área de estudio



Fuente: ANLA, 2024



Con el fin de que todos los resultados de las muestras se puedan analizar confiablemente bajo un criterio regional, éstas deben ser objeto del cálculo del porcentaje de error del balance iónico, para así cuantificar el error analítico y determinar el nivel de confiabilidad de los valores de concentración reportados, los resultados de dicho cálculo deben ser presentados junto con los reportes de laboratorio. De acuerdo con el principio de electroneutralidad del agua, la suma de los aniones ha de ser igual a la suma de cationes (expresados en meq/L); sin embargo, siempre existe cierto porcentaje de error, cuyo valor máximo aceptable para los monitoreos realizados en el marco de las Estrategias de Monitoreo es del 15% (ANLA, 2024).

Así pues, vale la pena mencionar que, para el presente periodo de análisis, el porcentaje de aceptación del criterio de error analítico fue de 83.99%, lo cual muestra un incremento representativo en comparación con las muestras analizadas en el informe del año 2023, donde solo el 30.1% eran aceptables. Esto denota una mejora por parte de los proyectos y laboratorios en el cumplimiento de criterios de calidad para la toma, transporte y análisis de las muestras, tal como se sugirió, a su vez, en el Reporte del año 2018.

Finalmente, a partir de la información analizada es posible afirmar que, si bien se identificaron situaciones de orden local respecto a posibles alteraciones del agua subterránea, no se reconocieron indicios de la generación de posibles impactos acumulativos a nivel regional a la calidad y/o disponibilidad del recurso.

### C. OFERTA Y DEMANDA DEL RECURSO HIDROGEOLÓGICO

Al margen de lo presentado, vale la pena realizar una descripción de las características hidráulicas de la Formación Caja (también conocida como Formación Guayabo), entendiéndola como una unidad con capacidad de almacenar y transmitir agua y de la cual se realiza aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo mediante pozos y aljibes. La siguiente información se presenta con base en la recopilación de información del Reporte de Alertas de las Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM) del año 2018, a partir de pruebas de bombeo de larga duración, bajo el supuesto que dichas características hidrogeológicas son constantes a lo largo del tiempo:

**Tabla 33. Propiedades hidráulicas**

	Profundidad (m)	K (m/d)	T (m <sup>2</sup> /d)	CE (L/s/m)	S*	Potencial explotación**
Máxima	158	5.78	1423.22	2.66	7.32 E-3	Muy alta
Mínima	73	0.399	28.2	0.27	1.15 E -4	Baja
Mediana	115.5	1.83	120.81	0.89	-	Alta

\* A partir de Estudio de Impacto Ambiental para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa

\*\* De acuerdo con Villanueva & Martínez (19984): Baja = Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica; Alta = Pozos entre 10 y 50 /s con 10 m de depresión teórica; Muy Alta = Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Fuente: ANLA, 2025

Se evidencia un comportamiento heterogéneo, indicativo de anisotropía del medio poroso y diferencias entre los diferentes niveles acuíferos de la Formación Caja (ANLA, 2020).

Teniendo en cuenta los valores medianos de transmisividad obtenidos para la Formación Guayabo, y teniendo en cuenta lo observado en la sección de Permisos y actividades, es posible afirmar a priori que la unidad hidrogeológica cuenta con el potencial acuífero suficiente para sostener cada una de las captaciones autorizadas en el área de estudio.

Ahora bien, es necesario conocer de forma precisa los valores de volumen de agua almacenado en el área de estudio, en conjunto con la recarga total para la unidad hidrogeológica para así poder hacer análisis y afirmaciones de mayor precisión, que conlleven a la toma de decisiones en la región.

## D. SISMICIDAD INDUCIDA

Recientemente, diversos estudios han abordado la correlación entre actividades de inyección al subsuelo y la ocurrencia de sismos asociados a tales acciones (sismicidad inducida) (Gómez-Alba, Fajardo-Zárate, & Vargas, 2016), (Molina, Velásquez, Rubinstein, García, & Dionicio, 2020), (Ellsworth, 2013), (Kivi, y otros, 2023), (Yeo, Brown, Ge, & Lee, 2020), entre otros); asimismo, debido al aumento en la sismicidad en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, en el año 2013, y presuntamente relacionado a las actividades de inyección por parte de proyectos del sector de hidrocarburos, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha emitido comunicaciones tanto informativas al público en general, como de apoyo técnico hacia esta Autoridad Nacional en el marco de procesos de evaluación de proyectos.

Tal como se presentó en la sección de Permisos y actividades, en el área de estudio hay un total de 16 expedientes que realizan la actividad de inyección al subsuelo; las características contempladas para la realización de dicha actividad se presentan a continuación:

**Tabla 34.** Actividad de inyección en el área de estudio

Expediente	Caudal de inyección global (BWPD)	Presión de inyección	Unidad receptora	Cantidad de pozos	Tipo de agua**
LAM0019	3780000	1200 PSI	No indica	8	Agua residual y de producción
LAM2965	71915 m3*	No indica	No indica	No indica	Aguas residuales
LAM4221	1000000	No indica	Formaciones Carbonera (C1, C3, C5 y C7), Mirador, Guadalupe y Paleozoico	No indica	Aguas residuales
LAM4649	16303.2	No indica	No indica	Un pozo inyector por cada Plataforma Multipozos que se desarrolle en el área	Aguas residuales industriales (asociadas o de formación)
LAM4795	2700000	No indica	Formación Carbonera (C1, intermedias y basales)	37	No indica
LAM5175	30555	No indica	No indica	No indica	Agua residual doméstica e industrial
LAM5281	140000	No indica	Formación Carbonera C7 - Arenas Basales y miembros C1, C3 y C5	4	Agua residual industrial (aguas de producción)
LAM5506	105000	1300 700	Formación Carbonera (C1)	2	Aguas de producción
LAM5995	9100000	No indica	Formación Carbonera en la unidad C1, Arenas Intermedias Medias, Arenas Intermedias Inferiores y Arenas Basales C7	14 PAD con 13 pozos reinyectores cada uno	No indica
LAV0006-12	635000	No indica	No indica	No indica	Aguas de producción
LAV0011-14	36000	No indica	No indica	No indica	Aguas residuales domésticas y de producción o aguas de formación generadas
LAV0012-00-2018	50000	No indica	Niveles arenosos de la Formación Carbonera: miembros basales C7, intermedio y C1	14	Aguas asociadas de producción y perforación
LAV0033-00-2015	1000000	No indica	Formación Carbonera - unidad C1, (Arenas Intermedias y Arenas Basales)	9	No indica
LAV0041-13	300000	No indica	No indica	12	No indica
LAV0084-13	4000	No indica	Formación Carbonera C7 - Arenas Basales y miembros C1, C3 y C5 de la Formación Carbonera	4	Agua residual industrial



LAV0090-00-2014	4000	No indica	Unidad C7 de la Formación Carbonera	Un pozo inyector por cada plataforma multipozo que se desarrollen en el área	Aguas residuales de producción
* De acuerdo con lo consignado en el acto administrativo ** Todas las aguas cuentan con tratamiento previo					

Fuente: ANLA, 2025

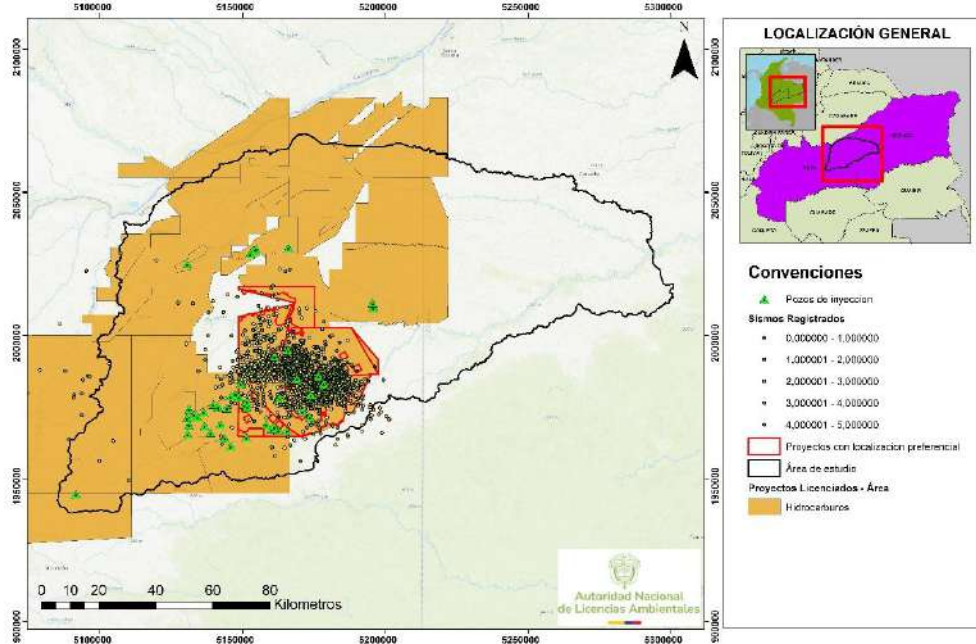
De acuerdo con lo presentado en la Tabla 34, en el área de estudio está autorizada la disposición de **18'900.858,20 BWPD (90'149.889,60 m3/mes)** mediante inyección, en cerca de 300 pozos inyectores, siendo los expedientes LAM5995, LAM0019 y LAM4795 los que mayor caudal contemplan a inyectar; esta actividad se lleva a cabo preponderantemente en los miembros arenosos de la Formación Carbonera. A este respecto, mediante el radicado 2023019644-1-000 del 1 de febrero de 2023, el SGC en comunicación a esta Autoridad Nacional en el marco de la modificación de licencia del Área de Explotación de Hidrocarburos Quifa, señala que *“debido a la inyección de grandes volúmenes de fluido en el subsuelo, éste puede migrar hacia las fallas geológicas, afectando las presiones que actúan sobre ellas”*; además, señala que hay distintos parámetros operacionales que influyen en la probabilidad de causas sísmicas inducidas: tasa de inyección, volumen inyectado acumulado, presión de inyección en el pozo, y la inyección cerca al basamento cristalino (o, como se mencionó, en cercanía de fallas geológicas activas, debido al aumento de la presión de poro que contribuya a superar la fricción de estas, y cause un deslizamiento que libere energía en forma de sísmica). En Yeo y otros (2020) se propone el mecanismo mediante el cual las actividades de inyección en el subsuelo conllevarían a actividad sísmica inducida en zonas con existencia de fallas críticamente tensionadas:

- Fase 1: La inyección de fluidos incrementa la presión de poros en las zonas cercanas a fallas críticamente tensionadas, lo que reduce el esfuerzo normal efectivo y desencadena eventos sísmicos iniciales.
- Fase 2: Los eventos sísmicos iniciales redistribuyen esfuerzos en la roca; esta redistribución aumenta la probabilidad de ruptura en la falla a partir de aumento de esfuerzo cortante y/o reducción del esfuerzo normal efectivo sobre segmentos adyacentes a la falla.
- Fase 3: Progresivamente se debilita la falla, reduciendo su fricción y cohesión, posibilitando que un segmento mayor falle y produzca un sismo de gran magnitud incluso después de detener las actividades de inyección.

En coherencia, el SGC recomienda que la inyección de fluidos se realice en zonas lejanas a fallas geológicas; sin embargo, la geología estructural del sector, especialmente sobre la cual se encuentran algunos proyectos, indican presencia de fallas activas a profundidad y que afectarían las unidades objeto de reinyección, tal como se observa en el modelo estructural de los Llanos Orientales (Dasilva y otros, 2013), lo cual es consistente con la interpretación sísmica 3D en el área de Rubiales, en la que se encuentran fallas normales con desplazamientos verticales, en concordancia también con las fallas identificadas por Molina y otros (2020) y el SGC para las zonas de los campos Quifa y Rubiales.



Figura 70. Sismos registrados por la Red Sismológica Nacional en el municipio de Puerto Gaitán, Meta



Fuente: ANLA, 2024, con información de la Red Sismológica Nacional a corte del 22/07/2025

En referencia a esta clase de eventos, es importante destacar que se han presentado denuncias ambientales por parte de las comunidades, relacionadas con la afectación estructural de sus viviendas. A este respecto, por ejemplo, el expediente LAM4795 cuenta con un semáforo sísmico operativo dentro de sus medidas de manejo (Ficha de Manejo PMRHS-4 Manejo de la inyección), el cual ofrece una guía del procedimiento a seguir dependiendo del nivel de amenaza los eventos sísmicos reportados, con acciones relacionadas con la magnitud de los eventos sísmicos que lleguen a presentarse, resumido a continuación:

Tabla 35. Semáforo sísmico operativo del expediente LAM4795

Estado - Magnitud del sismo	Acción
Estado Rojo – Sismo de magnitud mayor o igual a 4	El operador debe presentar un plan de acción, teniendo en cuenta los valores de presión de los pozos y la cercanía espacial de la sismicidad respecto a la operación; debe revisarse semanalmente la evolución del fenómeno.
Estado Naranja – Sismo de magnitud mayor o igual a 3	El operador debe presentar un plan de acción, teniendo en cuenta los valores de presión de los pozos y la cercanía espacial de la sismicidad respecto a la operación.
Estado Amarillo – Sismo de magnitud mayor o igual a 2.5	El operador presenta la evaluación de sismicidad junto con un plan de seguimiento al fenómeno.
Estado verde – Sismo de magnitud menor a 2.5	Operación normal del campo

Fuente: ANLA, 2025, a partir de Frontera Energy Colombia Corp.

Así pues, si bien se presenta una medida de manejo ante la ocurrencia de sismos potencialmente asociados a actividades de inyección de fluidos en el subsuelo, esta no es muy incisiva en el tipo de acciones a llevar a cabo, o la subsanación de posibles impactos generados por dicha actividad sísmica; además, a este respecto, el ESA indica que la Sociedad no dio cumplimiento a la medida de manejo, en tanto no se especifica si los pozos inyectoros se encuentran localizados en zonas donde se hayan presentado procesos de sismicidad inducida representativos y/o de alta magnitud, además de que no se encontró información relacionada de datos de la red sismológica nacional y los datos nativos de monitoreo sísmico (acelerógrafos y sismógrafos) de FEC, para corroborar que, en la ubicación seleccionada para construir los pozos de inyección, no se hayan reportado dichos eventos. Así pues, es necesario fortalecer este tipo de aspectos no solo mediante rigurosos ejercicios de evaluación y seguimiento de estas actividades, sino también desde el conocimiento geocientífico alrededor de estos fenómenos. A continuación, se proponen acciones más puntuales de forma ilustrativa ante la ocurrencia de eventos sísmicos potencialmente inducidos:

**Tabla 36.** Propuesta de semáforo sísmico operativo

Estado - Magnitud del sismo	Acción
Estado Rojo – Sismo de magnitud mayor o igual a 4	Detener completamente operaciones de inyección de forma inmediata; implementar monitoreo para evaluar decaimiento de actividad sísmica. Investigar detalladamente el evento y su relación con la operación. Realizar comunicaciones a las autoridades pertinentes, y no reiniciar inyección hasta aprobación de parte de estas mismas.
Estado Naranja – Sismo de magnitud mayor o igual a 3	Suspensión temporal de actividades de inyección, realizando monitoreo intensivo por al menos 72 horas posteriores al evento. Realizar un análisis de ubicación, profundidad, mecanismo focal del evento para confirmar correlación con las actividades operativas. Finalmente, reevaluar estrategias de inyección antes de reiniciar las mismas: ajustar volúmenes, tasas y presiones de inyección.
Estado Amarillo – Sismo de magnitud mayor o igual a 2.5	Reducción de tasa de inyección inmediatamente (al 50% de la realizada, por ejemplo), manteniendo presión por debajo del umbral operativo medio. Intensifica monitoreo, analizando localización y profundidad de eventos sísmicos en tiempo real; analizar tendencias sísmicas y modelos de difusión de presión de poros, para poder anticipar escaladas.
Estado verde – Sismo de magnitud menor a 2.5	Operación normal del campo, realizando monitoreo sísmico en tiempo real y llevando registro de presión, tasa y volúmenes de inyección. Asimismo, realizar reportes periódicos diarios/semanales con evolución de magnitudes y parámetros operativos.

Fuente: ANLA, 2025

Además, en sectores con infraestructura rural se recomienda delimitar radios de exclusión alrededor de las zonas de inyección en el que se adopten umbrales de magnitud más bajos, como por ejemplo Estado Rojo ante sismos de magnitud mayor o igual a 3.5, en vez de 4. Frente a los posibles daños generados a la infraestructura, podrían realizarse inspecciones estructurales, en conjunto con una evaluación técnica de daños posterior a eventos sísmicos; asimismo, es importante contar con sistemas de alertas, protocolos de evacuación segura, así como la conformación de brigadas comunitarias de primeros auxilios y emergencias.

## E. MODELACIÓN HIDROGEOLÓGICA

### Objetivo específico del ejercicio de modelación

En el marco del Reporte de Análisis Regional de las Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco (SZH-AVRM), se implementó un Modelo Hidrogeológico Numérico (MHN) tridimensional de flujo en la cuenca del río Tillavá, utilizando información de empresas del sector hidrocarburos. El propósito de esta modelación fue diagnosticar la dinámica del flujo subterráneo y evaluar los impactos acumulados de las actividades antrópicas, abordando objetivos específicos como: caracterizar el flujo regional, evaluar la respuesta de los acuíferos someros a las concesiones de agua autorizadas, cuantificar los efectos de la inyección de aguas de producción y analizar la respuesta del sistema bajo escenarios de cambio climático. La Figura 71 detalla la localización de los 24 pozos de captación (Exp. LAM0019, LAM4795, LAM5023, LAV0084-13, LAM5281) y los 28 pozos de inyección (Exp. LAM5995, LAM 0019, LAM4795) autorizados, que constituyen los forzantes evaluados en el modelo.

### Información utilizada

El Modelo Hidrogeológico Numérico (MHN) tridimensional de flujo para la cuenca del río Tillavá se elaboró a partir de información secundaria oficial proveniente de CORMACARENA, IDEAM, el SGC y la ANH, complementada con estudios científicos y con la revisión de la información reportada a la ANLA por los diferentes proyectos licenciados que operan en la zona de estudio.

Para los diferentes escenarios de simulación se empleó, como elevación de la superficie del modelo numérico, el Modelo Digital de Elevación (DEM) ALOS PALSAR con resolución espacial de 90 m, registrándose en el área de modelación cotas que varían entre 125 y 274 m. s. n. m.

A partir de la información disponible de puntos de agua subterránea, información reportada por las empresas del sector hidrocarburos que coexisten en el dominio de modelación se elaboró un mapa de niveles de la cuenca, con base en 35 registros obtenidos en pozos y piezómetros, los cuales fueron empleados para la calibración del modelo numérico. Los resultados indican que, a nivel regional, las unidades más superficiales reciben recarga por infiltración directa, de acuerdo con las características litológicas de los materiales, alimentando los acuíferos someros. Los flujos en estas unidades son de



carácter local y están controlados por la topografía, con dirección hacia los principales drenajes de la cuenca: Rubiales y Masiferiana hacia el nororiente, y los caños Pauto, Cochinote y Chigüiro hacia el suroccidente. En contraste, las unidades más profundas de la cuenca de los Llanos presentan recarga desde el suroeste, sobre los afloramientos de la Sierra de la Macarena, generando flujos regionales favorecidos por la topografía en dirección norte.

La principal entrada de flujo al sistema, la recarga por precipitación se estimó en  $14.73 \text{ m}^3/\text{día}$ . Este valor se determinó a partir del análisis de series históricas de precipitación de las estaciones del IDEAM e información reportada por las empresas. En cuanto a las salidas, el modelo estima un aporte de flujo base de  $15.34 \text{ m}^3/\text{día}$  hacia los drenajes principales (río Tillavá y caño Rubiales).

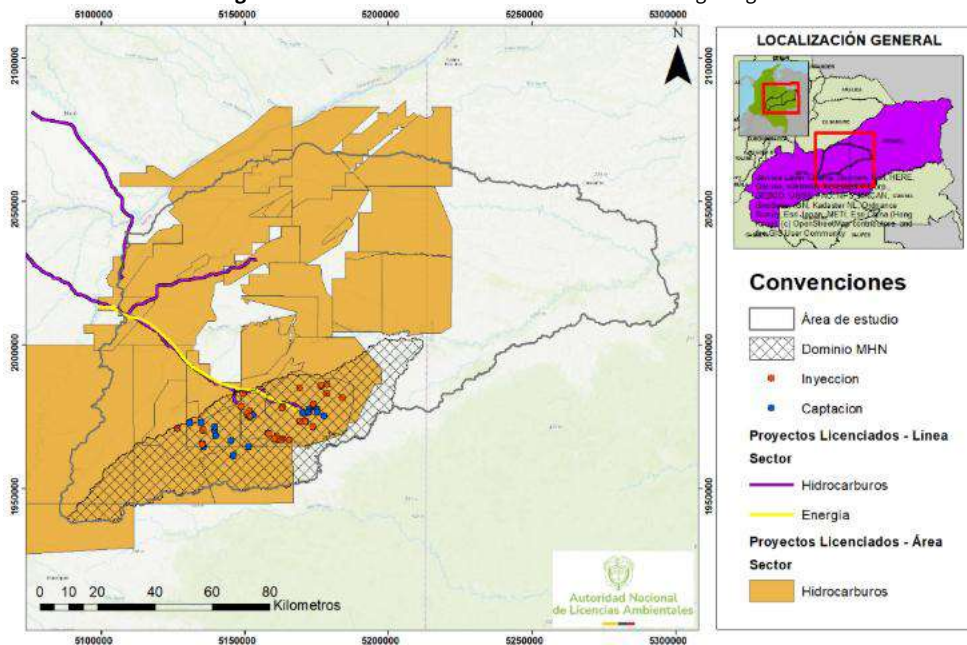
Para la evaluación de condiciones futuras, se utilizaron los escenarios de cambio climático (CC1, CC2 y CC3) publicados por el IDEAM en su Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Estos escenarios proyectan variaciones en la recarga por precipitación de  $0.71$ ,  $0.84$  y  $0.57 \text{ m}^3/\text{día}$ , respectivamente, permitiendo evaluar la sensibilidad del sistema acuífero ante futuras variaciones climáticas.

### Metodología

El modelo se implementó utilizando el código MODFLOW 5 del USGS, gestionado mediante las herramientas de FloPy en Python. La calibración se ejecutó en régimen estacionario, un enfoque que representa el sistema bajo condiciones de flujo natural, sin considerar los efectos de pozos de extracción de agua subterránea ni actividades de inyección de aguas de producción. Este proceso permitió ajustar los parámetros del modelo contrastando los resultados con los datos de niveles piezométricos monitoreados en 35 pozos de observación, utilizando el código PEST (*Model-Independent Parameter Estimation, Doherty, 2010*) para la estimación automática de parámetros.

En la Figura 71, se presenta la localización de los proyectos, obras o actividades que operan en la zona y la distribución de los pozos de captación (24 pozos de captación de los expedientes LAM0019, LAM4795, LAM5023, LAV0084-13, LAM5281) e inyección (28 pozos inyectores de los expedientes LAM5995, LAM 0019 y LAM4795) autorizados por la autoridad ambiental.

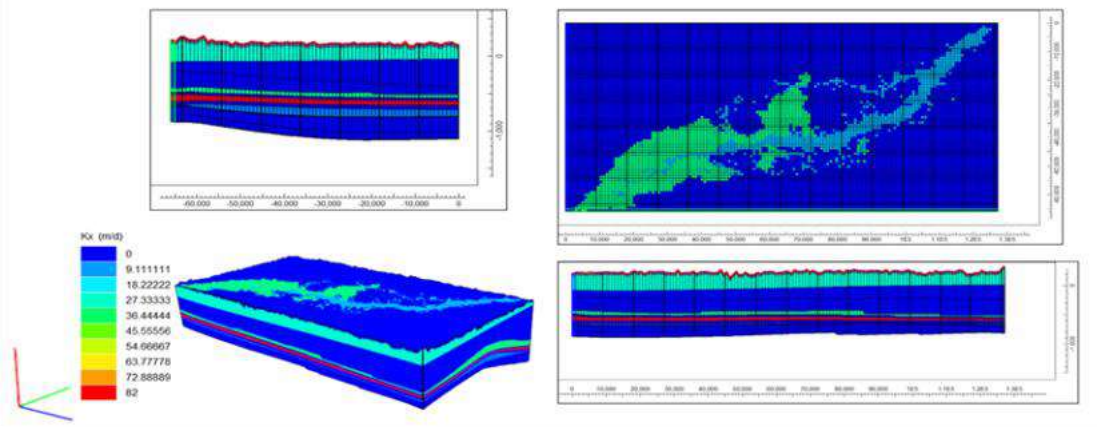
**Figura 71.** Localización del área de modelación hidrogeológica



Fuente: ANLA., 2025.

Para la construcción del MHN se seleccionó la cuenca del río Tillavá, con un área aproximada de 3045 km<sup>2</sup>. La simulación se desarrolló en MODFLOW, ejecutado a través de la librería FloPy de Python, implementada por el U.S. Geological Survey (USGS). El modelo se discretizó mediante una malla conformada por celdas de 90 m × 90 m, distribuidas en 12 capas (Figura 72).

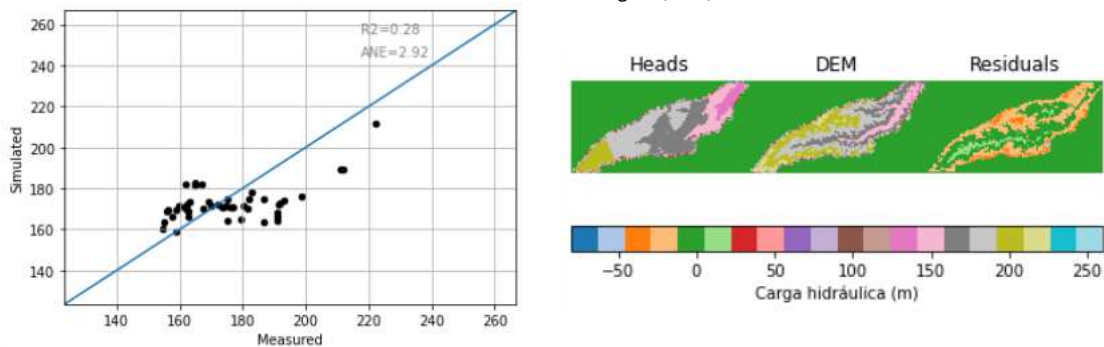
**Figura 72.** Zonas incluidas en el modelo numérico representando las unidades geológicas identificadas.



Fuente: ANLA, 2025.

La bondad del ajuste se evaluó mediante los parámetros estadísticos: coeficiente de determinación ( $R^2$ ), Error Normalizado Absoluto Medio (ANE) y Error Estandarizado de la Raíz del Promedio de los Cuadrados (RMSNE), obteniéndose valores de 0,28; 2,92 y 0,07, respectivamente. En la Figura 73 se presenta el ajuste entre los niveles observados y simulados, así como la distribución de la carga hidráulica en la cuenca (HEADS), el nivel del terreno (DEM) y la diferencia entre ambos (RESIDUALS). En términos generales, el modelo reproduce adecuadamente las direcciones de flujo y el comportamiento hidrogeológico a escala de cuenca, con niveles que no superan los 50 m de profundidad y con zonas de nivel freático por encima de la superficie del terreno en sectores asociados al río Tillavá y el caño Rubiales.

**Figura 73.** Niveles medidos vs niveles simulados en la cuenca del río Tillavá y comparación de las cargas simuladas (HEADS) con el modelo de elevación digital (DEM)



Fuente: ANLA., 2021.

Se realizó una primera simulación correspondiente al escenario que considera las concesiones de agua subterránea autorizadas (24 pozos) y las actividades de inyección de agua de producción utilizando el caudal máximo autorizado (28 pozos) por la Autoridad Ambiental. Adicionalmente, se analizó la afectación en la cantidad de la precipitación de acuerdo con los escenarios de cambio climático a nivel departamental definidos por el IDEAM para el Meta, afectando en esos mismos porcentajes la recarga del sistema y considerando los caudales de inyección autorizados. A continuación, se describen los escenarios de cambio climático simulados:

CC1-2011-2040: Variación en el porcentaje de la precipitación de -4.76



CC2-2041-2070: Variación en el porcentaje de la precipitación de -5.68

CC3-2071-2100: Variación en el porcentaje de la precipitación de -3.89

### Supuestos de modelación

El modelo hidrogeológico construido en el marco del reporte de análisis regional – SZH AVRМ, responde a un análisis a escala regional del comportamiento hidrogeológico de la cuenca de río Tillavá y la identificación de posibles afectaciones ante el desarrollo de actividades del sector de hidrocarburos asociadas al recurso hídrico subterráneo. Se utilizó como base la cartografía escala 1:25.000 disponible para geología, cobertura de suelo y unidades hidrogeológicas, y se realizó un escalado del Modelo Digital de Elevación (MDE) de 30 m, por lo tanto, los resultados deberán ser entendidos bajo dicha escala.

Por otra parte, se destaca la limitada información disponible para la definición de las unidades geológicas/hidrogeológica a nivel de cuenca ante la escasez de información de pozos y diferencias en las nomenclaturas o nombres asignados a las diferentes litologías identificadas en los diferentes proyectos. Adicional, ante la falta de registros de niveles piezométricos tanto espaciales como temporales que permitan evaluar el comportamiento de los acuíferos de interés ante la estacionalidad de la precipitación, el modelo se ejecuta bajo condiciones de estado estacionario. Esta limitación afecta además la estimación de los parámetros hidráulicos del medio, por lo que fue necesario utilizar rangos paramétricos reportados en la literatura.

Finalmente, se asignó un nivel de agua de 2 metros, correspondiente al nivel promedio del río Tillavá y Caño Rubiales.

### Resultados (Hallazgos principales escenario actual y cambio climático)

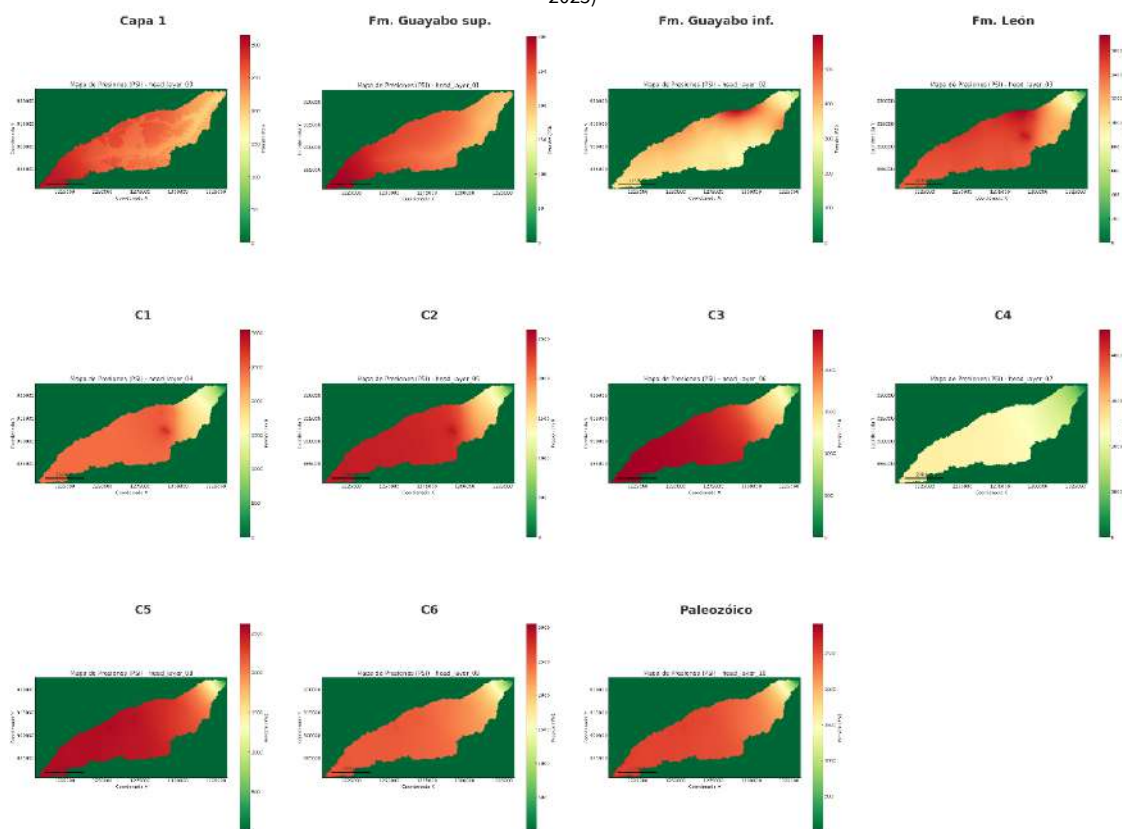
Los resultados de los diferentes escenarios de simulación evidencian que el acuífero asociado a la Formación Guayabo se encuentra hidráulicamente desconectado de las unidades más profundas debido a la presencia de la Formación León, la cual actúa como un sello regional. Esta condición implica que las formaciones profundas no participan del proceso de recarga local de la cuenca, sino que su alimentación está controlada por flujos regionales provenientes de la Cordillera Oriental y la Sierra de la Macarena.

#### Escenario 1 (Condiciones Actuales)

Este escenario considera las concesiones de agua subterránea identificadas y la actividad de inyección de agua de producción autorizada. Al analizar la distribución de carga en los intervalos de inyección C1 y C5, se identifican sobrepresiones en las zonas de los pozos inyectores, simulando cargas hidráulicas de hasta 3208 m / 4565 PSI en la capa C4, y 1747 m / 2486 PSI en la capa C3 (Figura 74).

Asimismo, se observó que las sobrepresiones generadas por la inyección afectan tanto a las capas subyacentes como a las suprayacentes de los intervalos de inyección, incluyendo la Formación León. Para la Formación Carbonera se reportan presiones de fractura de 1700 psi en el intervalo C1 y de 2465 psi hacia los 1100 m de profundidad. De acuerdo con los resultados de la simulación, estas presiones son actualmente excedidas en aproximadamente 100 psi en el intervalo C1 y, para los caudales autorizados, el exceso alcanzaría valores superiores a 400 psi.

**Figura 74.** Distribución de cargas hidráulicas simuladas para el escenario 1 (caudales de captación e inyección autorizados a 2025)

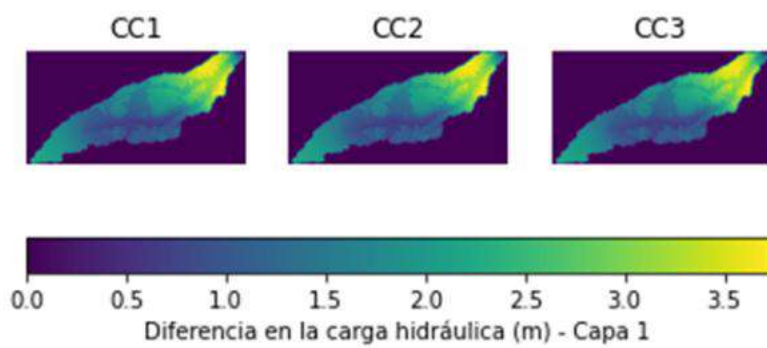


Fuente: ANLA., 2025.

### Escenario 2 (Escenarios de Cambio climático)

Para este ejercicio de modelación, los escenarios predictivos corresponden a las proyecciones de cambio climático para los años 2040 (CC1), 2070 (CC2) y 2100 (CC3), así como a las concesiones de agua subterránea y a la actividad de inyección de agua de producción autorizada. En los escenarios asociados al cambio climático, la variación de la recarga según los porcentajes proyectados de precipitación produce cambios en los niveles piezométricos de hasta 3,5 m en el sector nororiental de la cuenca, particularmente en la capa 1 (Figura 75).

**Figura 75.** Diferencia en la carga hidráulica simulada para los escenarios de cambio climático CC1, CC2, CC3



Fuente: ANLA, 2021.



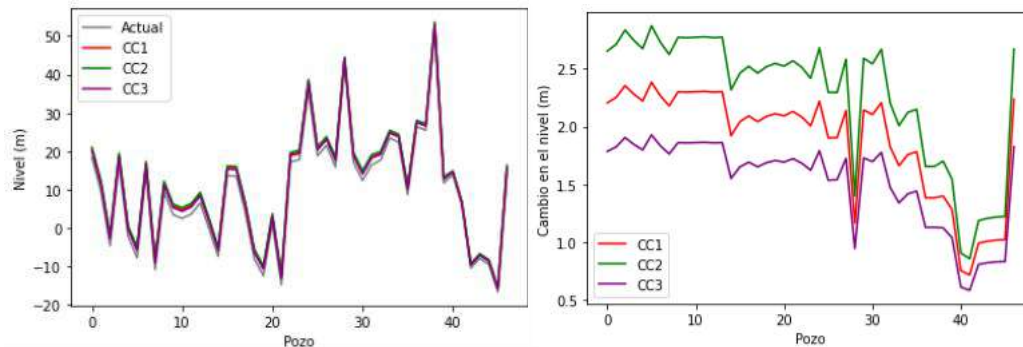
En la Figura 76 se comparan los niveles piezométricos de los pozos utilizados para la calibración con los niveles simulados bajo las condiciones actuales. La mayor afectación se observa en las unidades someras, mientras que en las formaciones profundas las diferencias son del orden de centímetros.

Se observa que el escenario CC2 es el que genera el mayor abatimiento en el sistema acuífero somero. Este resultado es coherente con los datos presentados en la sección de Cambio Climático, ya que este escenario proyecta la mayor reducción en la precipitación media (-5.68%), seguido por el CC1 (-4.76%) y el CC3 (-3.89%).

El análisis de este escenario (CC2) es particularmente crítico, dado que contiene el año proyectado más seco (2063) del periodo de simulación. Este año representa la condición de estrés hídrico máximo (mínima recarga histórica), permitiendo así evaluar la vulnerabilidad real del sistema y la sostenibilidad de las captaciones superficiales bajo las condiciones climáticas más desfavorables.

No obstante, es crucial destacar que estos impactos de abatimiento inducidos por el cambio climático se restringen a los acuíferos someros. Debido al efecto sello de la Formación León (que actúa como un acuitardo regional), las formaciones profundas, receptoras de la inyección, no muestran variaciones piezométricas atribuibles a estos escenarios climáticos.

Figura 76. Comparación niveles piezométricos escenario cambio climático



Fuente: ANLA., 2021.

De acuerdo con los resultados de la simulación numérica, este se encuentra desconectado de las unidades más profundas debido a la distribución espacial de la formación León, la cual se comporta como un sello regional. Esta condición restringe la recarga de las formaciones profundas a flujos regionales que vienen de la cordillera Oriental y la sierra de la Macarena.

Es importante destacar que, para la Formación Carbonera, se reportan presiones de fractura de 1.700 PSI en el intervalo C1 y de 2.465 PSI hacia los 1.100 m. Se pone en conocimiento de SSLA un riesgo operativo crítico identificado en la Formación Carbonera. Los resultados de la simulación indican que la presión de inyección actual en el intervalo C1 ya excede en aproximadamente 100 PSI el límite de fractura reportado (1.700 PSI).

Más relevante para el seguimiento, la modelación proyecta que, de utilizarse los caudales de inyección máximos autorizados, esta presión podría superar el umbral de fractura en más de 400 PSI. Se recomienda a la SSLA requerir de forma prioritaria a los titulares de las licencias la implementación de medidas de manejo y control (ej. ajuste de los caudales operativos, monitoreo continuo de presión en fondo de pozo) para garantizar que la operación se mantenga por debajo de la presión de fractura, previniendo así la pérdida de integridad del confinamiento y la potencial migración vertical de fluidos.



### Recomendaciones para la gestión

El acuífero de la Fm. Guayabo es la fuente estratégica de agua para consumo humano. Por tanto, se sugiere establecer los conos de abatimiento asociados a los expedientes LAM0019, LAM4795, LAM5023, LAV0084-13 y LAM5281. Esta modelación permitirá definir el radio de influencia y su superposición con usuarios potenciales, sirviendo como criterio hidrogeológico fundamental para el otorgamiento o modificación de futuras concesiones en la cuenca.

Para los seguimientos ambientales de los expedientes asociados a la actividad de inyección de agua de producción autorizada, específicamente en el proyecto Campos Rubiales con expediente LAM0019, se recomienda solicitar análisis de presiones de inyección por formación, tanto en la formación receptora como en las capas subyacentes y suprayacentes a los intervalos sujetos a inyección, incluyendo la Formación León.

Cabe resaltar que el modelo empleado representa celdas de 90 m, por lo cual se considera necesaria la construcción de modelos locales de mayor resolución, que permitan una delimitación más detallada de la zona de influencia y una representación más precisa de la distribución de presiones.

Adicionalmente, se recomienda a las autoridades ambientales regionales y a los entes territoriales (Gobernaciones y Alcaldías), utilizar los resultados de este modelo regional como insumo técnico para sus instrumentos de planificación. Específicamente, se sugiere incorporar los hallazgos sobre la dinámica y vulnerabilidad de la Fm. Guayabo en la actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas (POMCA), con el fin de zonificar y restringir usos del suelo incompatibles en zonas críticas de recarga o protección. Asimismo, los resultados de los escenarios de cambio climático (especialmente el escenario CC2 y el año seco 2063) deben ser considerados por las Empresas de Servicios Públicos y los gestores de acueductos para el diseño de planes de adaptación y la gestión del riesgo por desabastecimiento.



## XVI. CARACTERIZACIÓN DEL COMPONENTE ATMOSFÉRICO

### A. CALIDAD DEL AIRE

La condición regional atmosférica para calidad de aire fue obtenida a partir de las concentraciones promedio de las campañas de monitoreo realizadas en el marco de las obligaciones de los expedientes, evaluando los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> del año 2020 al año 2024. Estas concentraciones corresponden a cada uno de los promedios por año de cada estación de monitoreo de calidad del aire ubicadas dentro del área de estudio y para el periodo en análisis. Se compararon los resultados promedio para los contaminantes de análisis, en tiempo de exposición de un año, con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, la cual adopta la norma de calidad del aire ambiente a nivel nacional.

Las concentraciones que representaron excedencias respecto a los niveles máximos permisibles establecidos en la norma para los mayores tiempos de exposición de cada uno de los contaminantes se clasificaron en condición regional de criticidad “alta”; las concentraciones promedio entre el 80 % de la norma y el nivel máximo permisible se clasificaron en condición regional de criticidad “media”; y las concentraciones promedio menores al 80 % de norma se clasificaron como condición regional de criticidad “baja”.

En relación con el gas contaminante SO<sub>2</sub>, no se abordan sus análisis de condición regional dado que más del 97 % de los niveles de concentración registrados en el área de estudio, se encuentran dentro de los límites normativos determinados en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

Adicionalmente, se realizó una revisión con el Sistema de Vigilancia de Calidad del aire reportada en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire donde no se identificaron estaciones de monitoreo en el área de estudio.

#### Condición regional atmosférica PM<sub>10</sub>

Para el contaminante PM<sub>10</sub> se identificaron campañas de monitoreo en 22 proyectos identificados con los siguientes expedientes.

**Tabla 37.** Expedientes con monitoreos de calidad del aire para PM<sub>10</sub>

Expedientes	Sector
LAM2965, LAM2997, LAM5506, LAV0033-00-2015, LAM4221, LAM5995, LAV0041-13, LAV0011-14, LAM0019, LAM5281, LAV0006-12, LAV0090-00-2014, LAM4352, LAV0012-00-2018, LAM4795, LAM5297, LAV0021-00-2023, LAV0037-00-2015, LAM4503, LAV0084-13	Hidrocarburos

Fuente: ANLA, 2025.

Se estimaron 290 promedios anuales a partir de los datos diarios registrados en los monitoreos, siendo el expediente LAM4221 el que reporta una mayor cantidad de registros de PM<sub>10</sub>, con 160 promedios estimados durante todo el periodo de análisis.

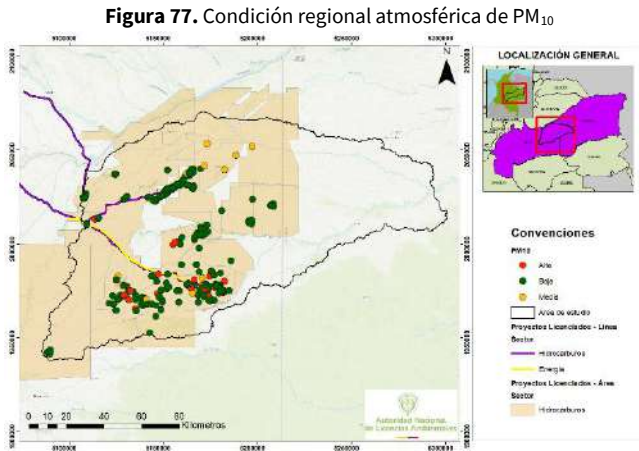
A partir de los promedios estimados, se registra la condición regional “alta” con el 9.2 % de los datos evaluados, presentándose en los expedientes LAM2965, LAM2997, LAM5995 y LAV0012-00-2018 del sector de hidrocarburos; situados en la zona central del

**Tabla 38.** Resumen de la condición regional atmosférica de PM<sub>10</sub>

PM <sub>10</sub> Anual Res. 2254/2017 = 50 µg/m <sup>3</sup>			
Condición Regional	Baja	Media	Alta
N° Datos promedio	510	34	55
% del total	85,1%	5,7%	9,2%
N° Proyectos	17	8	5

Fuente: ANLA, 2025.

área de estudio, específicamente en los centros poblados de Puerto Gaitán. No obstante, la condición regional “baja” presenta el 85.1 % de los promedios estimados, siendo así, la condición regional predominante en el área de estudio, tal como se observa en la Tabla 38 y de manera gráfica en la Figura 77.



Fuente: ANLA, 2022.

La condición regional “alta” se registra en los años 2018, 2019, 2020 y 2021 en veinte (20) estaciones de monitoreo de los expedientes referidos anteriormente. No obstante, el comportamiento de los altos niveles de concentración no es reiterado, y es atribuible a fuentes de emisión locales y ajenas a los procesos operativos de los proyectos, como lo son el tráfico vehicular de toda clase en vías destapadas, las actividades propias de las poblaciones y la erosión eólica en zonas con poca vegetación. Por tal motivo, no ha sido necesario el establecer controles o requerimientos adicionales a los proyectos en mención.

### Condición regional atmosférica PM<sub>2.5</sub>

Para el contaminante PM<sub>2.5</sub>, al igual que PM<sub>10</sub> se identificaron campañas de monitoreo en 22 proyectos identificados con los siguientes expedientes.

Tabla 39. Expedientes con monitoreos de calidad del aire para PM<sub>2.5</sub>

Expedientes	Sector
LAM2965, LAM2997, LAM5506, LAV0033-00-2015, LAM4221, LAM5995, LAV0041-13, LAV0011-14, LAM0019, LAM5281, LAV0006-12, LAV0090-00-2014, LAM4352, LAV0012-00-2018, LAM4795, LAM5297, LAV0021-00-2023, LAV0037-00-2015, LAM4503, LAV0084-13	Hidrocarburos

Fuente: ANLA, 2025.

Se estimaron 353 promedios de acuerdo con los datos diarios registrados en los monitoreos de cada año. Los expedientes LAM0019 y LAM2997 son los proyectos que reportan una mayor cantidad de registros de PM<sub>2.5</sub>, con 118 y 44 promedios respectivamente estimados en cada uno de ellos durante todo el periodo de análisis.

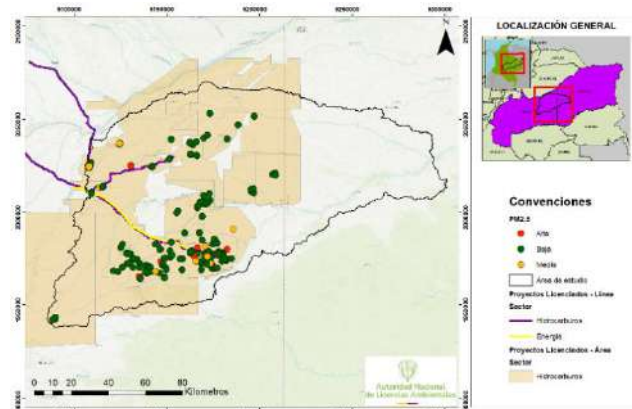
De acuerdo con los resultados, se presenta la condición regional “alta” con el 9.9 % con cuatro (4) asociados al sector de hidrocarburos, evidenciando una condición de criticidad regional similar al expuesto en los resultados de PM<sub>10</sub>. Estos resultados, indican una correspondencia porcentual en las fuentes de emisión de material particulado grueso y fino en el área de estudio, las cuales pueden estar relacionadas con el tráfico vehicular de vías sin pavimentar y los movimientos de tierras. Por otra parte, la condición regional

Tabla 40. Resumen de la condición regional atmosférica de PM<sub>2.5</sub>

PM <sub>2.5</sub> Anual Res. 2254/2017 = 25 µg/m <sup>3</sup>			
Condición Regional	Baja	Media	Alta
N° Datos promedio	297	32	36
% del total	81,4%	8,8%	9,9%
N° Proyectos	16	5	4

Fuente: ANLA, 2025.

Figura 78. Condición regional atmosférica de PM<sub>2.5</sub>



Fuente: ANLA, 2025.



“baja” presenta el 81.4 % de los promedios estimados, implicando que dicha condición predomina en el área de estudio.

Lo descrito anteriormente, es posible visualizarlo, de forma resumida, en la Tabla 40 y, de manera gráfica, en la Figura 78.

La condición regional “alta” solo se registra en el año 2020 en 2 estaciones de monitoreo del expediente LAV0023-00-2017. No obstante, el comportamiento de estos niveles de concentración no es reiterado, y es atribuible a fuentes de emisión locales y ajenas a los procesos operativos de los proyectos, como lo es la combustión interna del tráfico vehicular y las actividades propias del centro poblado de Rodania, en el municipio de Sahagún, Córdoba. Ante ello, no ha sido necesario el establecer controles o requerimientos adicionales al proyecto en mención.

### Condición regional atmosférica NO<sub>2</sub>

Para el contaminante NO<sub>2</sub>, se identificaron campañas de monitoreo en 16 proyectos identificados con los siguientes expedientes.

**Tabla 41.** Expedientes con monitoreos de calidad del aire para NO<sub>2</sub>

Expedientes	Sector
LAM5506, LAM4221, LAM5995, LAV0041-13, LAV0011-14, LAM0019, LAM5281, LAM2965, LAM4352, LAV0012-00-2018, LAM4795, LAV0021-00-2023, LAV0033-00-2015, LAM5297, LAV0006-12, LAV0037-00-2015	Hidrocarburos

Fuente: ANLA, 2025.

Se estimaron 304 promedios de acuerdo con los datos diarios registrados en los monitoreos de cada año. Los expedientes LAM0019 y LAM2997 son los proyectos que reportan una mayor cantidad de registros de NO<sub>2</sub>, con 132 y 157 promedios respectivamente estimados en cada uno de ellos durante todo el periodo de análisis.

**Tabla 42.** Resumen de la condición regional atmosférica de NO<sub>2</sub>

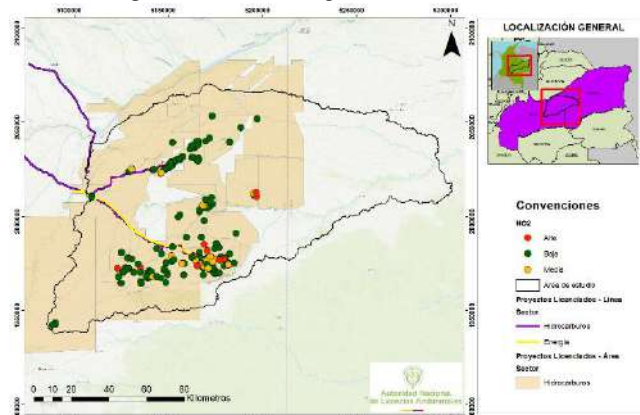
NO <sub>2</sub> Anual Res. 2254/2017 = 60 µg/m <sup>3</sup>			
Condición Regional	Baja	Media	Alta
N° Datos promedio	304	51	28
% del total	79,4%	13,3%	7,3%
N° Proyectos	16	8	7

Fuente: ANLA, 2025.

De acuerdo con los resultados, se presenta la condición regional “alta” con el 7.3 % con siete (7) proyectos asociados al sector de hidrocarburos, evidenciando una condición de criticidad regional similar, pero de menor magnitud, al expuesto en los resultados de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>. Por otra parte, la condición regional “baja” presenta el 79.4 % de los promedios estimados, implicando que dicha condición predomina en el área de estudio.

Lo descrito anteriormente, es posible visualizarlo, de forma resumida, en la Tabla 42 y, de manera gráfica, en la Figura 79.

**Figura 79.** Condición regional atmosférica de NO<sub>2</sub>



Fuente: ANLA, 2025.

La condición regional “alta” solo se registra en el año 2019 al 2023 en 26 estaciones de monitoreo de los expedientes LAM4221, LAM5995, LAV0041-13, LAM5281, LAM4795, LAM0019 y LAV0006-12. No obstante, el comportamiento de estos niveles de concentración no es reiterado, y es atribuible a fuentes de emisión locales y ajenas a los procesos operativos de los proyectos, como lo es la combustión interna del tráfico vehicular. Ante ello, no ha sido necesario el establecer controles o requerimientos adicionales a los proyectos en mención.



## Consideraciones del estado regional de la calidad del aire

En general, la condición de criticidad regional para la calidad del aire es mayoritariamente baja para los contaminantes  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$  y  $SO_2$  de acuerdo con los datos registrados por los monitoreos de los POA's en el marco de sus obligaciones para el componente atmosférico.

No obstante, la condición de criticidad regional alta se presenta para los contaminantes  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , en el sector sur y suroccidente del área de estudio, en cinco proyectos (LAM2965, LAM5995, LAM0019 y LAM2997) en un total de 26 estaciones de monitoreo, las cuales se presentaron en los años 2018 al 2021, lo que infiere que las medidas de plan de manejo ambiental como la dinámica atmosférica ha permitido que durante los últimos años el nivel de contaminación por material particulado presente bajas concentraciones, en este sentido, no se determina la necesidad de establecer controles adicionales en la operación de los proyectos.

Por otro lado, la condición de criticidad regional alta para el gas contaminante  $NO_2$  se registra en la zona centro y sur del área de estudio, en quince (15) proyectos (LAM5506, LAM4221, LAM5995, LAV0041-13, LAV0011-14, LAM0019, LAM5281, LAM2965, LAM4352, LAV0012-00-2018, LAM4795, LAV0021-00-2023, LAV0033-00-2015, LAM5297, LAV0006-12 y LAV0037-00-2015) en 26 estaciones de monitoreo, adicionalmente, se identificaron que durante el año 2023 se presentaron leves condiciones críticas de categoría "Alta" del expediente LAM0019, que según el Concepto Técnico No. 009067 del viernes, 29 de noviembre de 2024, se asocia este comportamiento a las principales fuentes de emisión a los procesos industriales desarrollados y el flujo vehicular que transitan cerca de área del proyecto, teniendo en cuenta que durante el 2024 no se presentaron excedencia, no se realizan requerimientos o controles adicionales; sin embargo, es importante realizar seguimiento a la tendencia de este contaminante y en caso de identificar un aumento se determinará la pertinencia, según sea el caso, de establecer requerimientos o controles adicionales relacionados con los niveles de concentración registrados para este gas contaminante.

Por otra parte, en concordancia a las bajas concentraciones para el gas contaminante  $SO_2$ , se identificó que en quince (15) estaciones de monitoreo para los proyectos (LAV0033-00-2015, LAM4221 y LAM0019) durante el año 2020 al año 2022, no se han presentado condiciones de criticidad Alta. Por tal motivo, no se determina la necesidad de imponer controles o requerimientos adicionales.

No obstante, es importante continuar con la verificación del cumplimiento de los criterios de micro y macro localización de las estaciones de monitoreo tal como se encuentra determinado en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado por la Resolución 650 de 2010 y ajustado por la Resolución 2154 de 2010 del MAVDT, o aquel que lo modifique o sustituya; que los tiempos de muestreo de todos los contaminantes correspondan a lo determinado en la actual norma de calidad del aire - **Resolución 2254 de 2017 del MADS** - e identificar las principales fuentes de emisión para establecer sus respectivos controles.



## B. MODELO DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES – PM<sub>10</sub> - NO<sub>2</sub>

### Objetivo específico del ejercicio de modelación

El objetivo de la modelación atmosférica es determinar el impacto acumulativo de la Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Muco y Río Guarrojo, integrando las principales fuentes de emisiones atmosféricas de los POA's con información disponible al año 2023, integrando la modelación presentada para los proyectos de hidrocarburos de la Cuenca río Tillavá, año 2021, y su análisis frente al escenario de cambio climático SSP5-8.5: Escenario de desarrollo intensivo basado en combustibles fósiles, con emisiones muy altas.

### Información utilizada

Para el desarrollo de esta modelación se emplea la herramienta Aermoc recomendado por la EPA, donde se integra, desde un enfoque regional, la información meteorológica simulación meteorológica de última generación WRF (Weather Research and Forecasting) año 2020 e información de terreno del modelo de elevación (SRTM30) a resolución de 30 metros.

Referente a las tasas de emisión se realizó la asignación de la siguiente forma:

- Información primaria:
  - Modelación dispersión contaminantes hidrocarburos de la Cuenca río Tillavá, año 2021:
    - LAM0019
    - LAM4795
    - LAM5995
    - LAV-0041-13
    - LAM5506
- Información secundaria:
  - Base de información EDGAR.
- Escenario de modelación:
  - Línea Base: Es necesario este escenario para parametrizar las fuentes de emisión identificadas.
  - Escenario cambio climático: según la información de la cuarta comunicación del IDEAM, se evalúa la tendencia SSP5-8.5 y su variación en la dinámica de la precipitación.

Adicionalmente, se contempló la información del Sistema Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de las estaciones asociadas a los expedientes que son competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) con la finalidad de conocer los niveles de calidad del aire estimados por el modelo en comparación en el escenario de línea base y la predicción de aportes en el escenario de cambio climático.

### Metodología

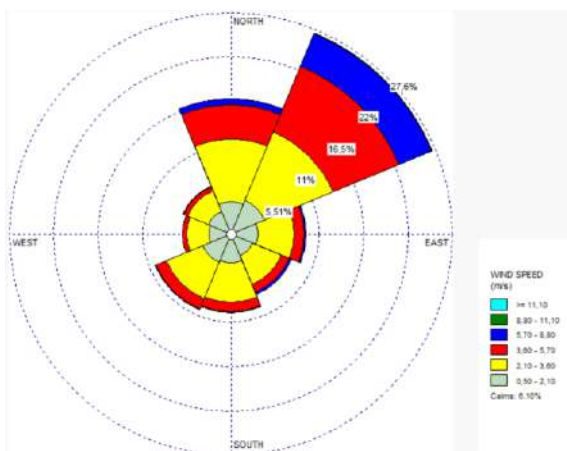
Para la configuración del modelo de dispersión de contaminantes, se construye el escenario de línea base correspondiente a la información de los proyectos de hidrocarburos de la Cuenca río Tillavá, año 2021, y para los expedientes donde no se cuenta con inventario de emisiones se emplea la información "The Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)" que corresponde a una base de datos mundial multipropósito de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero y contaminación del aire en la Tierra<sup>7</sup> para el año 2022.

Para el escenario prospectivo se contempló, en la misma ubicación de la información meteorológica empleada para la modelación de la línea base, un análisis de la tendencia o variabilidad de la precipitación durante los periodos 2021 al 2100, indicando en concordancia con el capítulo de caracterización de clima con una tendencia a ser estable o aumentar, pero se destaca que presenta con una alta variabilidad donde se establece que la máxima disminución corresponderá al 10%.

En el desarrollo de la modelación se contempló el análisis de la concentración de fondo de la región partiendo del comportamiento de la dinámica de vientos que la meteorología WRF.

<sup>7</sup> EDGAR - The Emissions Database for Global Atmospheric Research ([europa.eu](http://europa.eu))

Figura 80. Rosa de vientos WRF



Establecido que la dinámica del viento predomina del sector oriental al occidente, por lo tanto, se interpreta a modo regional que las estaciones del SVCA ubicadas al extremo del sector oriente representan la concentración del fondo que se establece a través de percentil 50 o mediana.

Tabla 43. Concentración de Fondo.

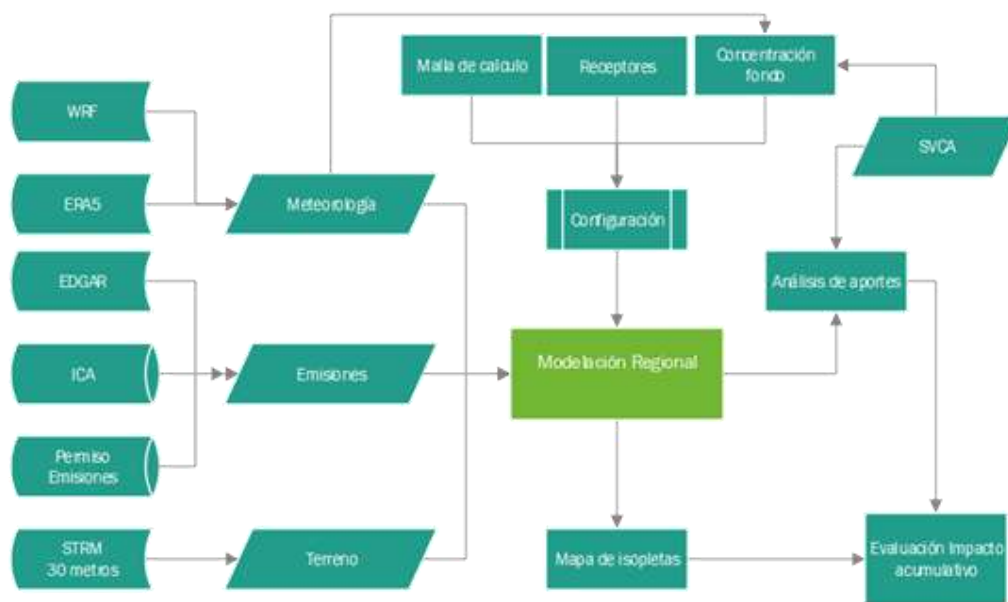
ID_ANLA	Concentración de fondo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	PM10	NO2
tem-mca-LAM5297-0009	48,02	10,84

Fuente: ANLA, 2025

Fuente: ANLA, 2025

De acuerdo con lo anterior, se plantea un análisis de aportes del modelo que incluye de forma de referencia los niveles de inmisión del SVCA con su representatividad con el modelo de línea base y su análisis de aporte para el escenario prospectivo.

Figura 81. Esquema conceptual modelo atmosférico



Fuente: ANLA, 2025

### Supuestos de modelación

- La modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos a escala regional trabaja con grandes dominios de modelación representando un nivel de detalle general, asimismo, respecto a la calibración, se contemplan los planteamientos de la EPA donde indica, de acuerdo con lo estipulado en el apéndice W - Guía sobre modelos de calidad del aire, expedida por la EPA, que el ejercicio de calibración tiene beneficios cuestionables y por lo tanto no deben realizarse.
- Se establece que las emisiones ton/año reportadas por EDGAR corresponden al año 2022 debido que corresponde a información más actualizada a la temporalidad del año base (2023).



- Se establece una reducción del 10% de la precipitación contemplada en el escenario de línea Base conforme a la tendencia del escenario de cambio climático SSP5-8.5: Escenario de desarrollo intensivo basado en combustibles fósiles, con emisiones muy altas.

### Resultados (Hallazgos principales escenario actual y cambio climático)

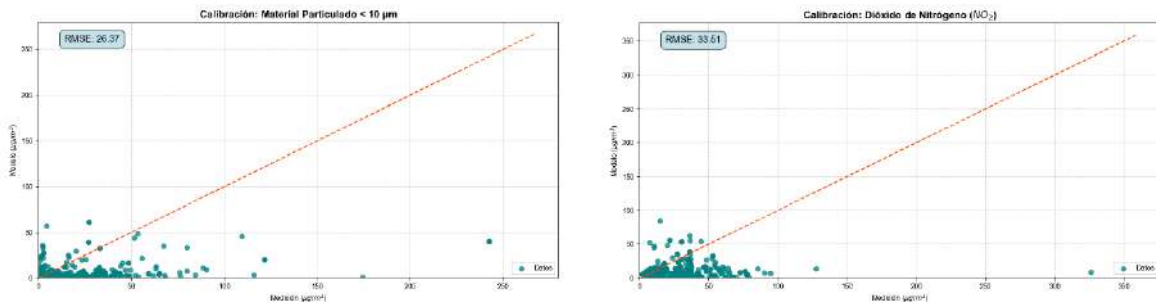
El impacto acumulativo de la alteración de los niveles de calidad del aire se determinó en conjunto de los proyectos de hidrocarburos mediante el modelado que integro los aportes estimados del inventario de emisiones presentado cada en Informe de Cumplimiento Ambiental ICA, mediciones en fuentes y por la base de datos EDGAR; asimismo, se integra la dinámica meteorología del modelo Weather Research and Forecasting arrojando resultados con una variación razonable en comparación de los niveles de calidad del aire del SVCA.

Es importante precisar que esta metodología de modelación se implementa con la finalidad de evaluar, bajo un alcance regional, el impacto acumulativo del componente atmosférico empleando información primaria (ICA) con base de datos globales, sin embargo, no reemplaza los lineamientos establecidos para la estimación de emisiones indicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, como de la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales vigente.

Contemplando lo anterior, y con la finalidad de conocer los aportes de los expedientes incluidos en la modelación, se toma como referencia las concentraciones obtenidas en el SVCA de tipo indicativo, con la finalidad de realizar un análisis estadístico detallado para verificar el desempeño de la modelación.

Respecto a la evaluación de los resultados de la modelación de línea base (sin incluir la concentración de fondo), con los resultados del SVCA de tipo Indicativo reportada por los proyectos para Material Particulado < 10  $\mu\text{m}$  (PM10), muestra un error promedio cuantificado por un RMSE de 26.37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mostrando una alta variación entre los resultados modelados con los procesos de medición, resaltando que se ajusta en bajas concentraciones, donde la mayoría de los puntos de datos se agrupan con una dispersión aceptable cerca de la línea de correlación como se observa en la figura 82. Respecto al contaminante NO<sub>2</sub>, se evidencia RMSE más elevado de 33.51  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y una dispersión de datos mucho más pronunciada en comparación de PM10; sin embargo, se resalta que el modelo presenta subestimación elevada de las concentraciones altas.

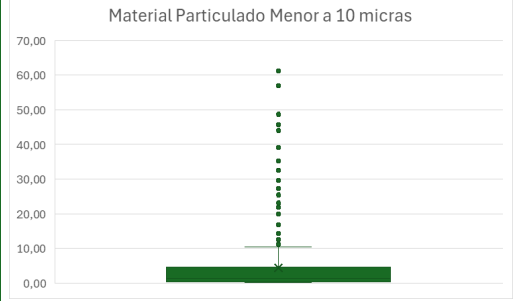
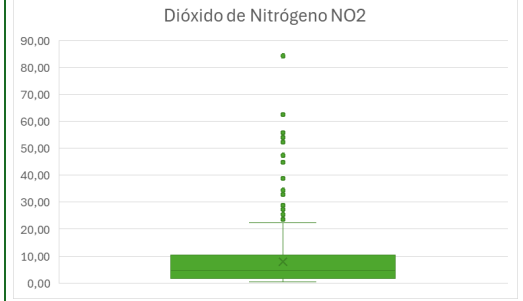
Figura 82. Calibración modelo dispersión PM10 y NO<sub>2</sub>.



Fuente: ANLA, 2025

Frente a los resultados del modelo frente a los aportes en las estaciones del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire tipo industrial SVCAI, en la siguiente tabla se presentan los siguientes criterios estadísticos:

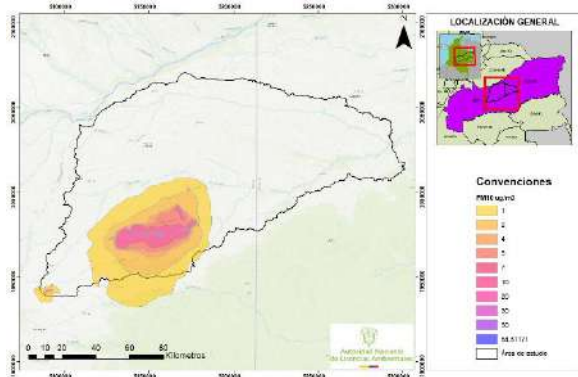
Tabla 44. Resumen estadístico descriptivo modelo de dispersión.

Contaminante	PM10	NO2
Promedio	4,38	9,31
Desviación	8,31	11,12
máximo	61,27	84,3
mínimo	0,1	0,32
Mediana	1,3	5,86
Diagrama de cajas	 <p>Material Particulado Menor a 10 micras</p>	 <p>Dióxido de Nitrógeno NO2</p>

Fuente: ANLA, 2025

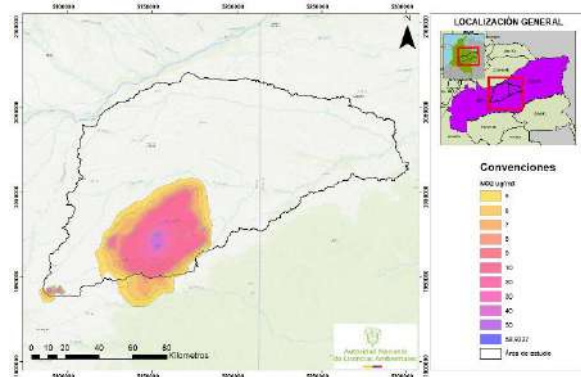
Se evidencia que los resultados de todas las estaciones presentan una concentración baja en el área de estudio y alta dispersión asociado a la desviación y tendencia de los resultados de modelación; en términos generales, conforme al comportamiento de las isopletas se identifica que las concentraciones aumentan significativamente sobre las áreas donde se concentran los POA's asociados a hidrocarburos y las concentraciones que superan el límite permisible se dan principalmente dentro de las áreas de proyectos.

Figura 83. Escenario prospectivo PM10.



Fuente: ANLA, 2025

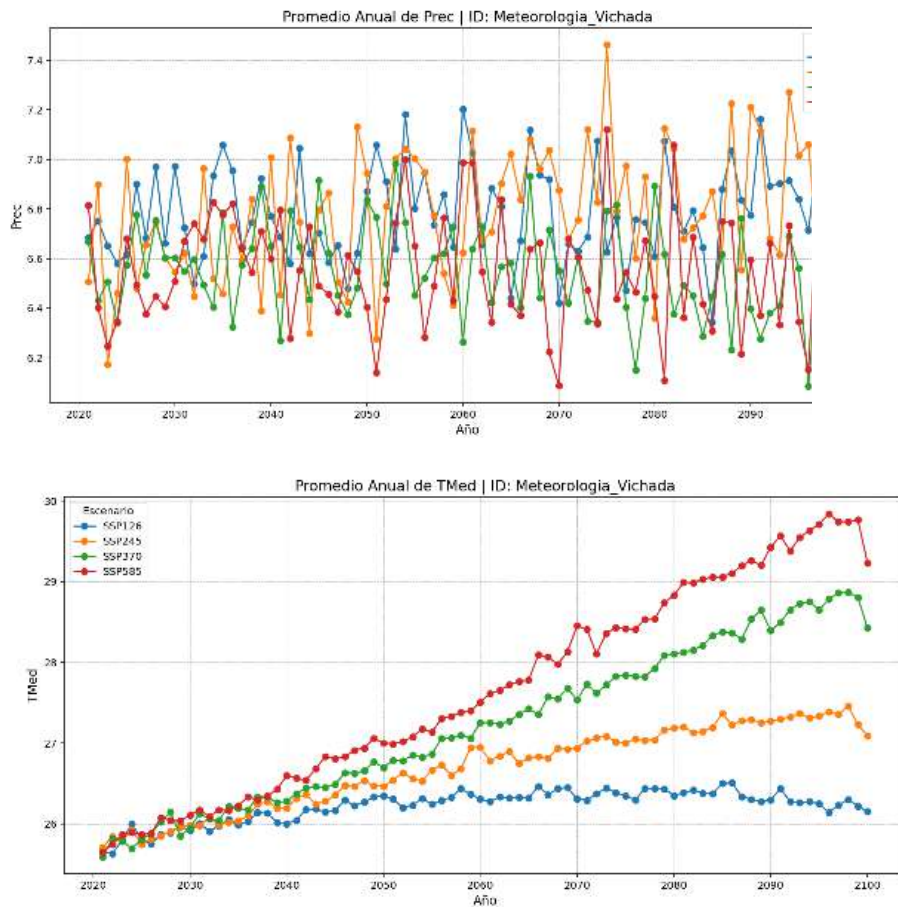
Figura 84. Escenario prospectivo NO2.



Fuente: ANLA, 2025

En el marco del análisis de la influencia del de cambio climático sobre el fenómeno de dispersión atmosférica se contemplaron escenarios prospectivos que permiten evaluar posibles variaciones en la dinámica de transporte y concentración de contaminantes. En particular, al comparar la tendencia del escenario SSP5-8.5: Escenario de desarrollo intensivo basado en combustibles fósiles, con emisiones muy altas, en relación con la ubicación de la información empleada WRF se determinó que la dinámica de la precipitación presenta tendencia a aumentar, pero con una alta variabilidad llegado a una disminución máxima del 10% y la temperatura presenta, según la tendencia, un aumento de 2°C a 3°C durante todo periodo 2021 al 2100.

Figura 85. Análisis comparativo escenario cambio climático



Fuente: ANLA, 2025

Dado este comportamiento se identifica que la variación meteorológica asociado al escenario de cambio climático no representa una variación significativa en las concentraciones (inferior a  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en comparación con el escenario actual, lo que permite evidenciar que, a nivel espacial, no se observa que los efectos de cambio climático representen una alteración en fenómenos de dispersión o aumento en el impacto acumulativo de los contaminantes criterio de la región.

### Recomendaciones para la gestión

Los proyectos ubicados en la zona centro, sur y occidente corresponden a las actividades de hidrocarburos de mayor relevancia en la región, identificados con los expedientes LAM0019, LAM4795, LAM5995, LAV-0041-13 y LAM5506. Estos cuentan con Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire Industrial (SVCAI). En este sentido, y con base en los resultados de la caracterización y modelación, se busca que las actividades orientadas a la evaluación de la implementación de los planes de manejo ambiental, mediante los Informes de Cumplimiento Ambiental, se mantengan en los mismos niveles observados en 2022. No obstante, en caso de evidenciarse alteraciones en los niveles de contaminación, será necesario fortalecer o aplicar medidas adicionales que permitan controlar los aportes de contaminantes a la atmósfera. (SSLA)

Respecto a los POA's de los otros sectores de la región contemplados en la modelación, mediante el insumo de EDGAR, no se identificaron aportes atmosféricos significativos que puedan alterar la calidad del aire, de acuerdo con las tasas de emisión reportadas por esta fuente. En este sentido, resulta pertinente establecer que, si en el futuro se evidencian incrementos en los niveles de inmisión, será necesario orientar esfuerzos de modelación específicos que

permitan determinar el grado de afectación a la atmósfera de manera individualizada y, con ello, definir acciones concretas para reducir la carga contaminante liberada al aire. (SSLA)

Para el caso de la implementación de futuros proyectos mineros que aportan material particulado y gases de combustión y tiene el potencial de aumentar los niveles de inmisión de los contaminantes criterio en la región, se deben direccionar las medidas de manejo ambiental, de forma detallada, que permitan conocer el grado de alteración a la atmósfera para generar acciones de disminución de la carga contaminante liberada al aire, implementación de energías limpias, seguimiento de la calidad del aire, etc. (SELA)

### C. RUIDO AMBIENTAL

La condición regional de ruido ambiental se estableció categorizando por rango los resultados en cada una de las campañas de monitoreo de los proyectos considerados en el análisis, teniendo en cuenta los diferentes sectores y subsectores determinados en la Resolución 627 de 2006 del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, tanto en horario diurno como nocturno, a partir de la localización de cada uno de los puntos de monitoreo de ruido ambiental. Por tanto, la condición regional se diferencia de acuerdo con el horario y subsector a evaluar, aplicando los intervalos expuestos en la Tabla 45 con su respectivo color de identificación:

**Tabla 45. Intervalos para la condición regional de ruido ambiental en horario diurno y nocturno**

Sector - Subsector		Sector B – Zonas Residenciales dB(A)	Sector B – Universidades, colegios, centros de estudios dB(A)	Sector B – Parques en zonas urbanas dB(A)	Sector C – Zonas con usos permitidos industriales dB(A)	Sector C – Zonas con otros usos relacionados dB(A)	Sector D – Residencial Suburbana dB(A)	Sector D – Rural habitada destinada a explotación agropecuaria dB(A)
Diurno	Baja	≤ 60	≤ 60	≤ 60	≤ 70	< 75	≤ 50	≤ 50
	Media	60 – 65	60 – 65	60 – 65	70 – 75	75 - 80	50 – 55	50 – 55
	Alta	> 65	> 65	> 65	> 75	> 80	> 55	> 55
Nocturno	Baja	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 65	< 65	≤ 40	≤ 40
	Media	45 – 50	45 – 50	45 – 50	65 – 70	65 – 70	40 – 45	40 – 45
	Alta	> 50	> 50	> 50	> 70	> 70	> 45	> 45

Fuente: MAVDT, 2006 – Adoptado por GRMC de ANLA, 2025

En el análisis de ruido ambiental del área del reporte se consideraron datos provenientes del Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG) de los monitoreos realizados por 19 proyectos como se observa en la Tabla 46, presentando datos entre los años 2018 a 2024 y en donde se realizaron 1483 mediciones en el horario diurno y 1439 mediciones en el horario nocturno.

**Tabla 46. Expedientes con monitoreos de ruido ambiental**

Expedientes	Sector
LAM4221, LAM5506, LAV0090-00-2014, LAM0019, LAM4795, LAM2997, LAM5995, LAV0033-00-2015, LAV0041-13, LAM4352, LAM5175, LAM5281, LAM5297, LAV0011-14, LAM5170, LAM2965, LAV0012-00-2018, LAV0021-00-2023, LAV0037-00-2015	Hidrocarburos

Fuente: ANLA, 2025

### Condición regional atmosférica ruido ambiental diurno

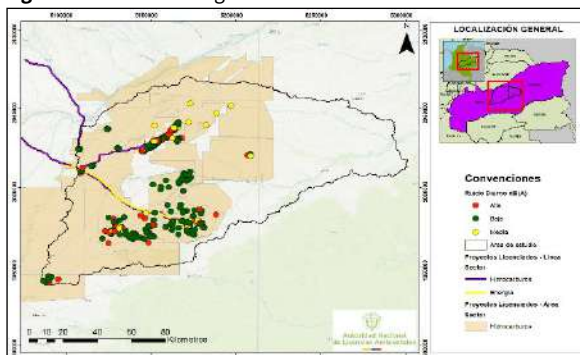
La Tabla 47 expone la caracterización regional estimada del ruido ambiental para el horario diurno y de manera gráfica en la Figura 86.

**Tabla 47.** Resumen de condición regional de ruido ambiental en horario diurno

Ruido ambiental en jornada diurna			
Total de mediciones: 1483			
Condición Regional	Baja	Media	Alta
N° Datos	1002	174	307
% del total	67,6%	11,7%	20,7%
N° Proyectos	17	14	14

Fuente: ANLA, 2025.

**Figura 86.** Condición regional atmosférica de ruido ambiental diurno



Fuente: ANLA, 2025.

La condición de criticidad regional alta en el horario diurno presentó el 20.7 % de las mediciones realizadas en el periodo de análisis, registrándose en todos los expedientes, a excepción de los identificados como LAM5175, LAM5281, LAM5297, LAV0011-14, LAM5170, LAM2965, LAV0012-00-2018, LAV0021-00-2023 y LAV0037-00-2015. Se observa que los altos niveles de presión sonora se concentran en la zona central y occidental del área de estudio, en donde los centros poblados más cercanos con una distancia inferior a 500 m del punto de monitoreo se presentan en el análisis anterior.

Por otra parte, la condición de criticidad regional media se presentó en un 11.7 % y la condición de criticidad regional baja representó la mayor cantidad de datos con el 67.6 % de las mediciones registradas, siendo niveles de ruido ambiental que no sobrepasan los límites normativos del horario diurno para los sectores y subsectores del área regionalizada y establecidos en la Res. 627 de 2006 del MAVDT, actual MADS.

### Condición regional atmosférica ruido ambiental nocturno

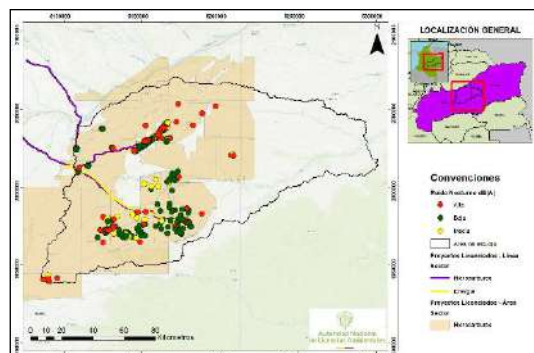
La Tabla 48 muestra la caracterización regional estimada del ruido ambiental para el horario nocturno y de manera gráfica en la Figura 87.

**Tabla 48.** Resumen de condición regional de ruido ambiental en horario nocturno

Ruido ambiental en jornada nocturna			
Total, de mediciones: 1439			
Condición Regional	Baja	Media	Alta
N° Datos	729	191	519
% del total	50,7%	13,3%	36,1%
N° Proyectos	13	14	18

Fuente: ANLA, 2025.

**Figura 87.** Condición regional atmosférica de ruido ambiental nocturno



Fuente: ANLA, 2025.



a condición de criticidad regional alta para el horario nocturno se presentó en el 36.1 % del total de mediciones realizadas, registrándose en todos los expedientes y concentrándose principalmente en la zona occidental, norte y centro del área de estudio. En la Tabla 49 es posible apreciar los diferentes centros poblados con una distancia inferior a 500 m de los puntos de monitoreo que presentan una condición regional alta de ruido ambiental en horario nocturno.

Por otro lado, la condición de criticidad regional moderada presentó el 13.3 % de las mediciones restantes, mientras que para la condición regional baja se reportaron el 50.7 % de las mediciones de ruido ambiental.

### **Consideraciones del estado regional del ruido ambiental**

En la siguiente tabla, se enlistan los centros poblados que se localizan a una distancia inferior de 500 m con respecto a algún punto de monitoreo con una condición regional alta en términos de ruido ambiental.

**Tabla 49.** Centros poblados con condición regional alta de ruido ambiental en horario diurno y nocturno.

Departamento	Municipio	Centro poblado
Meta	Puerto Gaitán	Murujuy
		Domo Planas
		Alto Tillava
		La Cristalina
Vichada	Cumaribo	Tres Matas
		Guanape
		El Progreso

Fuente: ANLA y DANE, 2025.

La condición de criticidad alta señala que existen niveles de presión sonora en los proyectos o aledaños a estos, superiores a los máximos permisibles según su localización para los sectores y subsectores determinados en la Res. 627 de 2006 del MAVDT; no obstante, los monitoreos de ruido ambiental registran los impactos acústicos de todo tipo de fuentes locales, tanto antrópicas como naturales, implicando que los niveles de ruido registrados no son aportes netos o exclusivos de los proyectos en mención. Para establecer la emisión de ruido propia de cada proyecto, y por tanto su nivel de ruido ambiental neto, se evalúa, de forma indicativa y a escala regional, a través de un modelo de propagación de ruido con la identificación de las fuentes de ruido y su respectiva caracterización sonora.

En los resultados también tienen injerencia las condiciones de monitoreo como una inadecuada ubicación de los puntos de medición en cercanías de obstáculos que pueden generar apantallamiento acústico con las fuentes ruidosas del proyecto licenciado o monitoreos poco representativos en términos de tiempo de medición que no permiten establecer el comportamiento acústico preciso de cada proyecto y donde normalmente no se presentan las condiciones críticas o máximas operativas de las fuentes de emisión. Por tanto, es necesario identificar las principales fuentes de emisión de ruido y determinar los aportes netos de aquellos proyectos que han presentado reiterados incumplimientos de los niveles de ruido ambiental según lo decretado en la Res. 627 de 2006 del MAVDT, actual MADS, con el fin de establecer los controles que puedan reducir el impacto acústico en las poblaciones cercanas.



## D. MODELO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO

### Objetivo específico del ejercicio de modelación

En el marco de la actualización del Reporte de Análisis Regional de las Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRGM), la construcción de un modelo de ruido a escala regional se orienta a evaluar los escenarios de superposición, acumulación y potencial amplificación de impactos acústicos derivados de la operación de las principales fuentes emisoras localizadas en el área de estudio. Dicho modelo constituye una herramienta técnica que permite identificar áreas críticas donde los impactos acumulativos adquieren significancia, en particular frente a la presencia de receptores sensibles y a la interacción con otros factores ambientales. Los resultados obtenidos aportan insumos estratégicos para la delimitación de componentes o Elementos Ambientales de Valor (VEC) en el territorio, fortaleciendo los procesos de evaluación, manejo y seguimiento ambiental liderados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y complementando las acciones de gestión ambiental de las demás entidades competentes en la región.

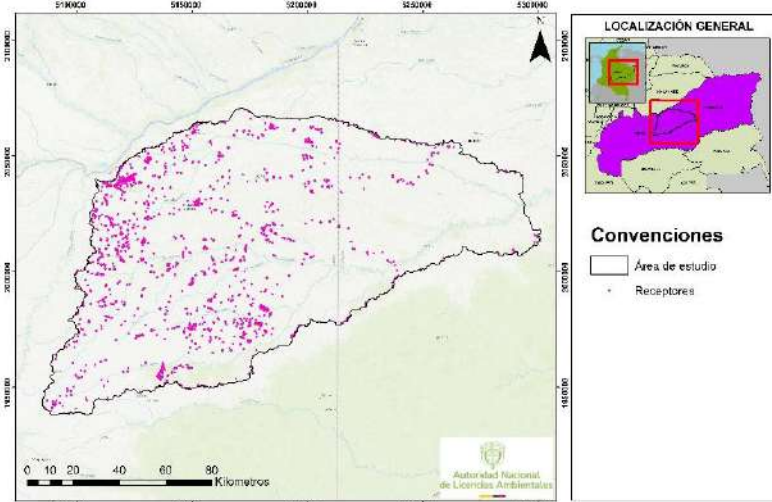
### Información utilizada

La conceptualización de la estructura del modelo de ruido integró diversas fuentes de información que, mediante un enfoque multicriterio, permitieron definir los datos de entrada del modelo teórico, el cual busca representar de manera hipotética la operación industrial en un entorno regional determinado. Para ello, se partió del análisis de la Base de Datos Geográfica Corporativa (BDC) de la ANLA, considerando los proyectos en operación actualmente. Esta información hizo posible identificar y delimitar las áreas de operación, así como las fuentes potencialmente asociadas a las capas de infraestructura de los expedientes: LAM0019, LAM2997, LAM3340, LAM3678, LAM4221, LAM4503, LAM4649, LAM4795, LAM4821, LAM4973, LAM4978, LAM5088, LAM5124, LAM5131, LAM5172, LAM5175, LAM5281, LAM5297, LAM5506, LAM5995, LAV0006-12, LAV0011-14, LAV0012-00-2018, LAV0021-00-2023, LAV0033-00-2015, LAV0041-13, LAV0048-14, LAV0060-00-2023, LAV0084-13 y LAV0090-00-2014.

La definición de receptores constituyó un componente clave del modelo, dado que sobre estos se materializan los posibles impactos asociados a la alteración de los niveles de presión sonora. Para tal fin, se emplearon datos derivados de sensores remotos disponibles en la base Microsoft Building Footprints, lo que permitió ubicar edificaciones y centros poblados dentro del área de estudio. Posteriormente, se validó la información y se aplicó un proceso de agrupación de edificaciones dispersas, definiendo un punto central representativo para cada conglomerado poblacional.

Con el objetivo de optimizar la representatividad y reducir la densidad de puntos, se implementó un algoritmo de clustering espacial (DBSCAN) con un radio de agrupamiento de 150 metros, seleccionando un punto representativo por grupo. Este procedimiento permitió consolidar un conjunto de 1.802 receptores, manteniendo la coherencia espacial y la representatividad del universo original.

Figura 88. Conjunto de receptores de análisis

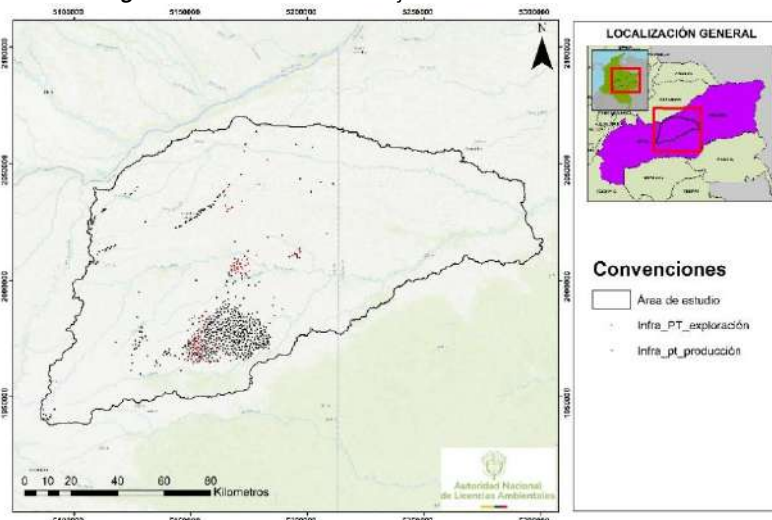


Fuente: ANLA, 2025 - Microsoft Building Footprints.

Para la conceptualización de las fuentes dentro del modelo se llevó a cabo una consulta en la Base de Datos Geográfica Corporativa (BDC) de la ANLA. Si bien esta base no constituye un inventario formal y detallado de las emisiones acústicas de los proyectos presentes en el área de estudio, sí permite identificar y precisar aquellas fuentes potencialmente generadoras de ruido ambiental. Posterior a un proceso de validación y depuración, en el cual se descartaron las fuentes reportadas como inactivas, se optimizó el conjunto de información priorizando las fuentes con mayor representatividad y recurrencia en los proyectos evaluados. Estas corresponden, principalmente, a bombas de pozos en producción, así como a bombas y generadores empleados en proyectos de exploración y/o explotación.

La simplificación metodológica adoptada facilita la caracterización general de las emisiones a partir de bases de datos de referencia internacional, en particular la British Standard BS 5228-1:2009+A1:2014, la cual constituye un insumo adecuado para modelos de detalle o como es el presente caso de escala regional. De esta manera, el ejercicio de modelación permite representar la condición actual de los Proyectos, Obras o Actividades (POA) que cuentan con información reportada en los estudios de cumplimiento, proporcionando un marco técnico para la definición de zonas de ruido en el área de estudio.

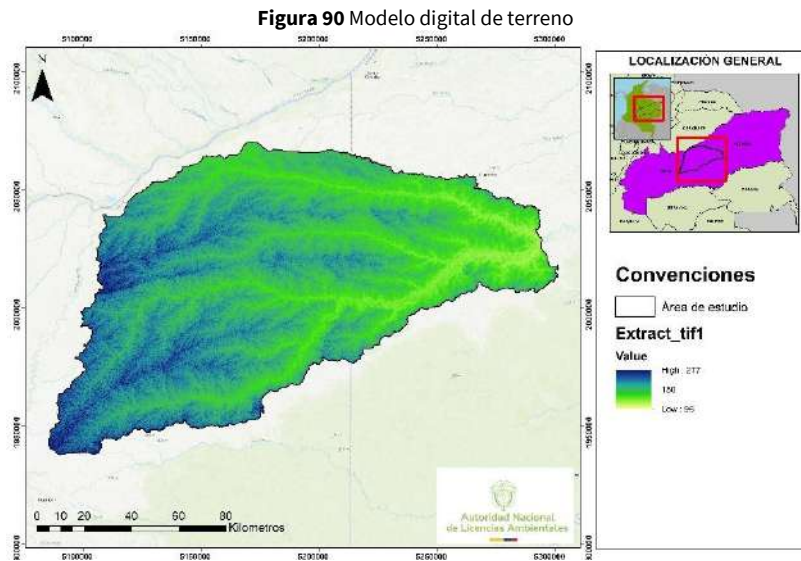
Figura 89 Ubicación de fuentes fijas de ruido en el área de estudio



Fuente: ANLA, 2025



Finalmente, para la construcción del modelo de terreno, necesario para ubicar las fuentes a una altura relativa respecto al nivel del mar, se utilizaron datos satelitales del sensor ALOS PALSAR (disponibles en la plataforma ASF Alaska Satellite Facility). Este insumo cuenta con una resolución espacial de 12,5 metros por píxel, lo que garantiza un nivel de detalle adecuado para análisis a escala regional. La información fue sometida a procesos de filtrado y suavizado de variaciones locales, con el fin de eliminar superficies no representativas y descartar elementos que pudieran inducir distorsiones en la simulación de la propagación sonora mediante el promedio de los valores atípicos. De esta manera, el modelo digital de terreno obtenido permite cumplir con los objetivos del análisis regional, al proporcionar una base confiable que asegura una representación uniforme de la propagación del ruido en el área de estudio.

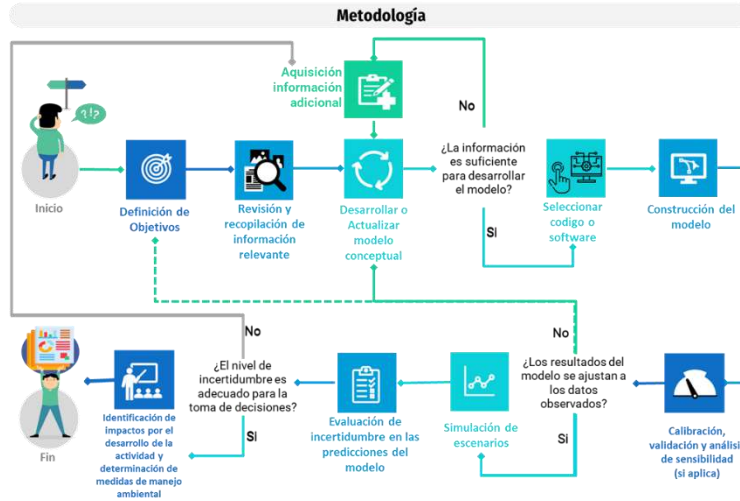


**Fuente:** ANLA, 2025 - ASF Alaska Satellite Facility

### Metodología

La metodología empleada para la elaboración del modelo de ruido regional del Reporte de Alertas del Alto Vichada se estructuró a partir de un proceso técnico orientado a garantizar consistencia metodológica y validez de los resultados, en concordancia con los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la normativa vigente en materia de ruido ambiental. El modelo tuvo como propósito evaluar la propagación regional del ruido generado por Proyectos, Obras o Actividades (POA) en las subzonas hidrográficas de interés, con énfasis en la superposición y acumulación de impactos en relación con receptores sensibles. Para ello, se integró información proveniente de la Base de Datos Corporativa de la ANLA, complementada con insumos de infraestructura y referencias de emisiones internacionales.

Figura 91. Metodología de modelación



Fuente: ANLA, 2025

La conceptualización del modelo consideró como fuentes principales las bombas utilizadas en pozos en producción y los generadores empleados en actividades de exploración y explotación, cuyos niveles de emisión fueron definidos a partir de la base de datos del estándar, con el fin de garantizar representatividad frente a las condiciones operativas en campo.

o. La configuración del modelo se realizó en el software SoundPLAN 9.1, adoptado por la ANLA para este tipo de estudios, el modelo de ruido regional fue desarrollado bajo las condiciones de propagación favorables definidas por la norma ISO 9613-2:2024, las cuales corresponden a escenarios en los que el sonido se transmite con menor atenuación debido a factores meteorológicos como vientos débiles dirigidos del emisor hacia el receptor o la presencia de inversiones térmicas ligeras que facilitan la propagación. La consideración de estas condiciones implica que los resultados representan un escenario conservador, en el que se evalúa la emisión de ruido en situaciones de máxima propagación, garantizando que las áreas de influencia estimadas reflejen un contexto precautorio para la gestión ambiental, la simulación incluyó una grilla de cálculo de 20 metros por 20 metros y se efectuó a una altura de 4 metros sobre el nivel del terreno, en cumplimiento de lo establecido por la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El resultado del modelo se expresa en términos del indicador Nivel continuo equivalente ponderado A (LAeq, T), entendido como el valor energético medio del ruido durante un período de referencia. En este caso, el cálculo corresponde al LAeq anual promedio día, lo que significa que los valores obtenidos representan la exposición sonora media que se espera a lo largo de un año típico, integrando la variabilidad temporal y proporcionando un indicador robusto y comparable para la evaluación ambiental regional.

Si bien todo modelo o método analítico conlleva un grado de incertidumbre, es importante señalar que en el presente ejercicio dicha incertidumbre se busca reducir al máximo mediante la aplicación fuentes estandarizadas, bases de datos de referencia y procedimientos de validación. No obstante, el objetivo del modelo no es la estimación detallada de niveles de ruido en un punto específico, sino la representación de la condición regional, en la cual se pueden identificar zonas acústicamente representativas influenciadas por la superposición y acumulación de fuentes y proyectos. De esta forma, el modelo ofrece una visión integral del comportamiento sonoro en el territorio, constituyendo una herramienta útil para la evaluación y gestión ambiental a escala regional.

En ese orden de ideas, se evaluó como principal escenario de modelación o de operación de los POA, la condición actual, determinando áreas de influencia acústica y posibles zonas de acumulación de impactos. Los resultados constituyen una línea base técnica para el seguimiento regional y la identificación de receptores expuestos.



Respecto a la identificación de impactos y su aporte a la gestión ambiental, se llevó a cabo una valoración de los niveles de ruido sobre los receptores discretizados en el modelo, con el propósito de evaluar el aporte puntual de las fuentes y determinar la posible manifestación de impactos en áreas específicas. Estos receptores se definieron a partir de edificaciones nucleadas y centros poblados dispersos previamente caracterizados mediante técnicas de análisis espacial y procesamiento de imágenes satelitales, lo que permitió establecer puntos de control representativos. De esta manera, fue posible identificar zonas en las que la acumulación de emisiones acústicas podría generar afectaciones relevantes en términos de exposición poblacional, constituyendo un insumo clave para orientar las decisiones de seguimiento, control y manejo ambiental en la región.

### Supuestos de modelación

Como en todo ejercicio de modelación regional, el desarrollo del modelo de ruido implicó la adopción de ciertos supuestos, limitaciones y simplificaciones metodológicas que permiten garantizar la coherencia técnica sin perder de vista el objetivo principal: representar de manera general las condiciones acústicas del territorio y no el detalle puntual de un sitio específico. Estos aspectos deben entenderse como parte del alcance propio de un análisis regional y no como restricciones que invaliden los resultados, los cuales constituyen una aproximación robusta y conservadora de la exposición sonora.

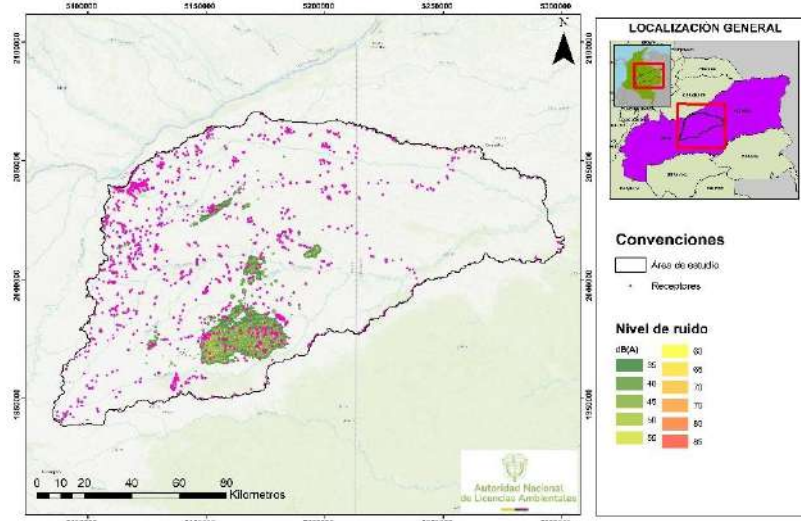
- El modelo se elaboró bajo condiciones de propagación favorables de acuerdo con la ISO 9613, lo que implica un enfoque conservador orientado a representar escenarios de máxima propagación.
- No se cuenta con información detallada sobre las características específicas de cada fuente (fabricante, modelo, condiciones operativas, potencia nominal, etc.), lo que limita la capacidad de homologación precisa con las bases de datos internacionales de niveles de potencia acústica y obliga a emplear valores de referencia representativos.
- Se asumió que las fuentes representativas corresponden a bombas en pozos de producción y generadores en actividades de exploración y explotación, de acuerdo con la base de datos de emisiones de la BS 5228-1:2009+A1:2014.
- La información de proyectos fue obtenida de la Base de Datos Corporativa de la ANLA, la cual, si bien no constituye un inventario exhaustivo de emisiones acústicas, permite identificar y caracterizar fuentes relevantes a escala regional.
- El cálculo se realizó sobre una grilla de 20 m x 20 m a una altura de 4 metros sobre el terreno, en concordancia con la Resolución 627 de 2006, lo que constituye una aproximación homogénea y representativa.
- El modelo emplea como insumo un Modelo Digital del Terreno (ALOS PALSAR) con resolución de 12,5 m, filtrado para eliminar irregularidades locales; esto asegura consistencia a escala regional, aunque puede no capturar variaciones topográficas a nivel local.
- La malla de receptores fue simplificada mediante procesos de clusterización y unificación de edificaciones, lo que permitió reducir la densidad de puntos a un conjunto manejable y representativo. Sin embargo, esta aproximación implica que no se utilizaron todos los puntos originales, lo que puede limitar la representatividad de receptores individuales en el análisis detallado, aunque mantiene la coherencia espacial a escala regional.
- Los resultados representan un LAeq anual promedio día, lo cual ofrece una visión consolidada del comportamiento sonoro regional, pero no permite interpretar variaciones horarias o estacionales en detalle.
- El análisis se centra en la identificación de zonas acústicamente representativas y no en la caracterización puntual de un receptor individual.

### Resultados (Hallazgos principales escenario actual)

El modelo de ruido regional permitió caracterizar la distribución espacial de los niveles sonoros LAeq, T, en el área de estudio del Alto Vichada, identificando tanto la magnitud de la emisión como la relación con los receptores sensibles previamente definidos.

Los resultados reflejan las condiciones actuales de propagación bajo los supuestos metodológicos definidos para el estudio, la cobertura de ruido de manera regional se presenta en la siguiente figura:

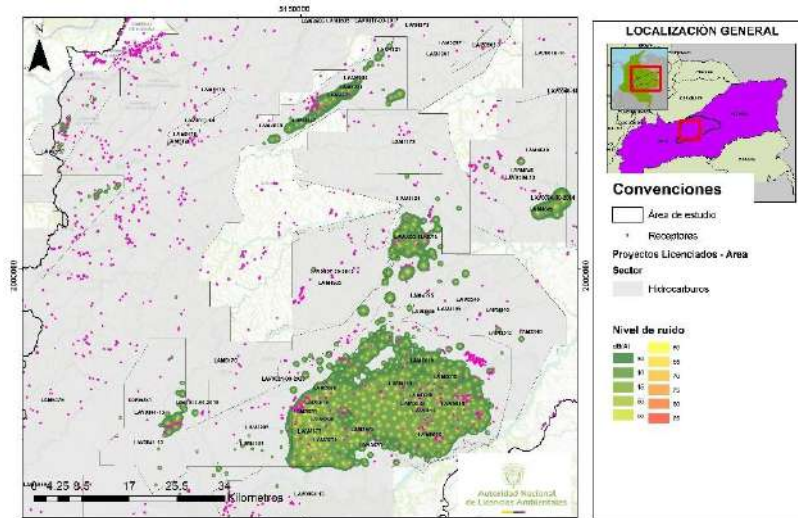
**Figura 92** Resultados modelo de ruido escala regional



Fuente: ANLA, 2025

Una representación a menor escala de las zonas con mayores niveles de ruido permite evidenciar los valores de presión sonora LAeq en dB(A) dentro de los bloques o expedientes licenciados, facilitando la identificación de áreas internas con mayor incidencia acústica. A continuación, se presentan los resultados detallados de esta distribución.

**Figura 93** Modelo de ruido detalle concentración de principales isocontornos



Fuente: ANLA, 2025

A partir del detalle de los modelos se observa una zona de mayor intensidad acústica en el sector suroriental, especialmente en los bloques LAM0019, LAM3878, LAM3678 y LAM3340, donde se concentra la operación de varios proyectos. Allí predominan valores entre 45 y 55 dB(A), con núcleos que alcanzan el rango de 60 dB(A)

en puntos específicos.

Los niveles decrecen progresivamente hacia el norte y occidente del área de estudio, donde los receptores se encuentran mayoritariamente en rangos de 35 a 40 dB(A), lo que corresponde a áreas de baja densidad de fuentes y menor presión sonora acumulada.

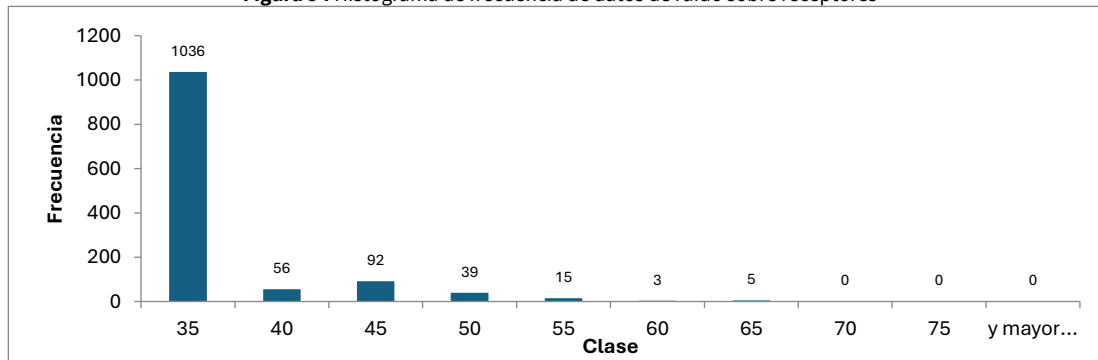
El modelo refleja un efecto de acumulación regional, donde la proximidad entre varios proyectos intensifica la propagación sonora en núcleos específicos, el patrón o patrón espacial evidencia que no todos los bloques generan impactos sonoros significativos; la mayor carga se concentra en los sectores con operación consolidada y/o superposición de fuentes, en tanto que otros bloques funcionan como zonas de transición de bajo ruido.

La propagación modelada bajo condiciones favorables (ISO 9613-2:2024) muestra un escenario conservador, lo que implica que los receptores en los rangos de 45–55 dB(A) representan áreas que deben considerarse como de especial atención.

#### Análisis de receptores

El análisis de los receptores definidos en el área de estudio evidencia una distribución no normal de los niveles de presión sonora (LAeq, en dB(A)), concentrando una gran proporción de receptores alrededor de la clase de 35 dB(A). Este comportamiento sugiere que la mayoría de los puntos se encuentran en zonas donde no existen fuentes sonoras cercanas que generen, de manera individual o acumulativa, niveles de ruido representativos o superiores al umbral de 45 dB(A). No obstante, se identifican grupos de receptores que presentan niveles LAeq en los rangos de 45 dB(A), 50 dB(A), 55 dB(A) y hasta 60 dB(A), lo cual indica la presencia de sectores con mayor influencia de fuentes acústicas o posibles condiciones de acumulación de ruido, tal como se muestra a continuación:

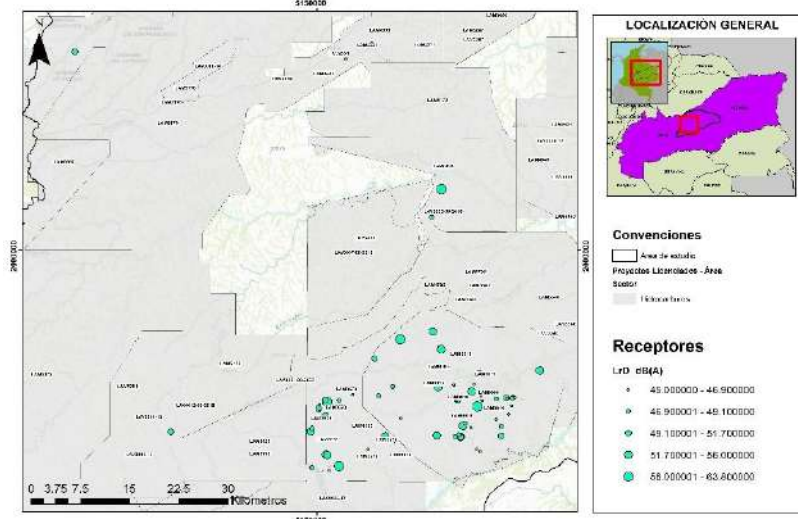
Figura 94 Histograma de frecuencia de datos de ruido sobre receptores



Fuente: ANLA, 2025

Un análisis detallado de algunos receptores dentro del área de estudio permite identificar puntos o zonas de interés en los que los niveles de ruido se encuentran cercanos o incluso por encima de los límites establecidos por la Resolución 627 de 2006 del MADS para el sector D en periodo nocturno, el cual presenta las restricciones más estrictas. Este ejercicio permitió individualizar los receptores de mayor relevancia, particularmente aquellos con niveles superiores a 45 dB(A), que constituyen indicadores clave para la gestión del riesgo acústico y el seguimiento ambiental en el territorio.

Figura 95 Receptores con niveles sobre los 45 dB(A)



Fuente: ANLA, 2025

La figura presenta la distribución espacial de los receptores con niveles de ruido iguales o superiores a 45 dB(A) dentro del área de estudio, superpuestos a los bloques licenciados para actividades de hidrocarburos. Se observa una mayor concentración de receptores en los bloques LAM0019, y LAM3678, con valores que oscilan entre 45 y 63,8 dB(A), mientras que en otros bloques los receptores aparecen de manera aislada y con niveles en los rangos inferiores (45–50 dB(A)). Esta información permite focalizar las zonas con mayor relevancia acústica y constituye un insumo clave para la gestión ambiental regional en materia de ruido.

### Recomendaciones para la gestión

Con base en los resultados del modelo regional de ruido y en la identificación de receptores sensibles expuestos a niveles iguales o superiores a 45 dB(A) (L<sub>Aeq</sub>), se plantean las siguientes consideraciones:

**Resultados generales del modelo regional:** los resultados del modelo permiten identificar áreas de mayor sensibilidad acústica y aportan elementos para la definición de Zonas de Ruido y la consideración de VEC (Componentes Ambientales de Valor) a nivel regional, facilitando los procesos de identificación de áreas especialmente sensibles y seguimiento ambiental por parte de la ANLA y demás entidades competentes.

Actualización periódica de los modelos regionales de ruido por bloque: resulta fundamental actualizar de manera periódica los modelos de ruido para los proyectos conforme a las obligaciones adquiridas en la licencia. Esto permite evaluar de forma integral la interacción de todas las fuentes sonoras involucradas, identificar la acumulación de impactos y estimar el riesgo de potencialización de niveles de presión sonora L<sub>Aeq</sub> en dB(A) sobre los receptores sensibles.

Evaluación sobre receptores ecosistémicos: Junto con la evaluación de los niveles de ruido sobre receptores humanos, resulta fundamental considerar los posibles efectos acústicos sobre receptores ecosistémicos presentes en el área de estudio. En esta zona se identifican coberturas naturales y seminaturales, las cuales albergan diversas especies de fauna silvestre potencialmente sensibles al ruido. Diferentes estudios han demostrado que niveles de presión sonora (L<sub>Aeq</sub>) superiores a 40 dB(A) pueden generar alteraciones en los patrones de comportamiento, comunicación o desplazamiento de ciertas especies, por lo que su inclusión en el análisis permite una valoración integral de los impactos acústicos sobre el entorno natural.

Definición de inventarios detallados de fuentes: junto con la actualización de las modelaciones de ruido para los proyectos en el marco de las obligaciones adquiridas por sus respectivas licencias ambientales, se recomienda elaborar inventarios exhaustivos de fuentes que incluyan información técnica específica de los diferentes tipos de equipos y actividades susceptibles de generar ruido (p. ej., bombas, turbinas, motores, teas, generadores,



entre otros). Esta información reduce los posibles sesgos e incertidumbres en la evaluación acústica, mejora la estimación de niveles LAeq en dB(A) sobre el área de estudio e individualiza los principales puntos de interés o potenciales infractores.

Énfasis en zonas con acumulación de fuentes: los análisis deben concentrarse en los bloques que presentan mayor densidad de proyectos y, en consecuencia, acumulación de emisiones acústicas. De acuerdo con la información reportada en la Base de Datos Corporativa de la ANLA y los resultados del modelo regional, los expedientes de mayor relevancia corresponden a LAM0019, LAM0066, LAM4795 y LAM3678, donde se evidencian niveles de ruido LAeq en dB(A) superiores al umbral de 45 dB(A).

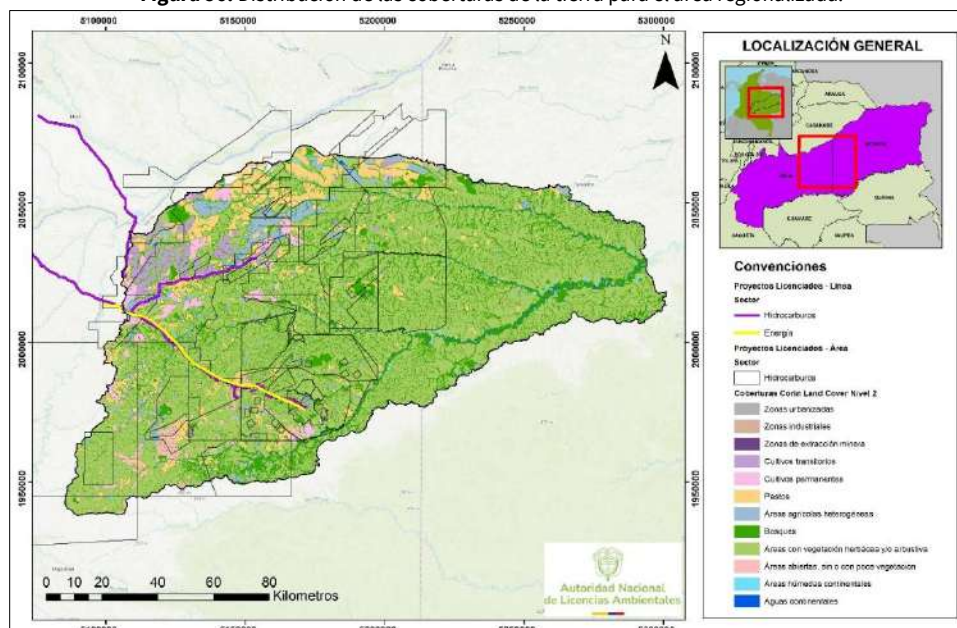
## XVII. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO BIÓTICO

### A. COBERTURAS VEGETALES

De acuerdo con el IDEAM (2024), en su mapa de coberturas de la tierra para el periodo 2020 y con base en la Leyenda Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), la cobertura predominante en el área regionalizada corresponde a las Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva, con una contribución del 59.95%, lo que equivale a 966,060.97 hectáreas (ver Figura 96). Esta cobertura se encuentra representada por arbustales, vegetación secundaria y herbazales (ver Tabla 50), los cuales esta presentes en casi toda el área regionalizada.

En segundo lugar, se encuentran los boques, que representan el 20.83% del territorio (335,665.35 ha), dentro de estos se encuentran principalmente los bosques de galería asociados a ríos y algunos relictos de bosques densos (ver Tabla 50). Le siguen los pastos con un 7.98% de representatividad (128,624.54 ha), siendo los pastos limpios los de mayor cobertura (ver Figura 96 y Tabla 50); finalmente, las áreas agrícolas heterogéneas, los cultivos transitorios y los permanentes abarcan el 8,63% de territorio, con un total de 139,101.43 ha La Tabla presenta el detalle de las coberturas identificadas en el área de estudio a un nivel más específico.

**Figura 96.** Distribución de las coberturas de la tierra para el área regionalizada.



Fuente: IDEAM, 2024.

**Tabla 50.** Coberturas de la tierra nivel 3 presentes en el área regionalizada.

Código	Nombre cobertura	Área (ha)	%
111	Tejido urbano continuo	45.275	0.003
112	Tejido urbano discontinuo	360.057	0.022
121	Zonas industriales o comerciales	1,254.622	0.078
124	Aeropuertos	79.500	0.005
131	Zonas de extracción minera	2,903.579	0.180
211	Otros cultivos transitorios	2,874.324	0.178
212	Cereales	31,147.849	1.933
213	Oleaginosas y leguminosas	966.916	0.060



221	Cultivos permanentes herbáceos	203.030	0.013
223	Cultivos permanentes arbóreos	29,285.387	1.817
231	Pastos limpios	121,576.810	7.544
232	Pastos arbolados	360.715	0.022
233	Pastos enmalezados	6,687.018	0.415
241	Mosaico de cultivos	10,331.267	0.641
242	Mosaico de pastos y cultivos	31,137.291	1.932
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	6,704.642	0.416
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	24,986.219	1.550
245	Mosaico de cultivos y espacios naturales	1,464.508	0.091
311	Bosque denso	59,842.280	3.713
312	Bosque abierto	369.312	0.023
313	Bosque fragmentado	4,601.958	0.286
314	Bosque de galería y ripario	249,502.065	15.482
315	Plantación forestal	21,349.737	1.325
321	Herbazal	956,316.241	59.342
322	Arbustal	1,544.042	0.096
323	Vegetación secundaria o en transición	8,200.695	0.509
333	Tierras desnudas y degradadas	552.479	0.034
334	Zonas quemadas	23,636.200	1.467
411	Zonas pantanosas	3,158.101	0.196
511	Ríos	9,749.226	0.605
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	336.731	0.021
<b>Total general</b>		<b>1611528.077</b>	<b>100%</b>

Fuente: ANLA, 2025.

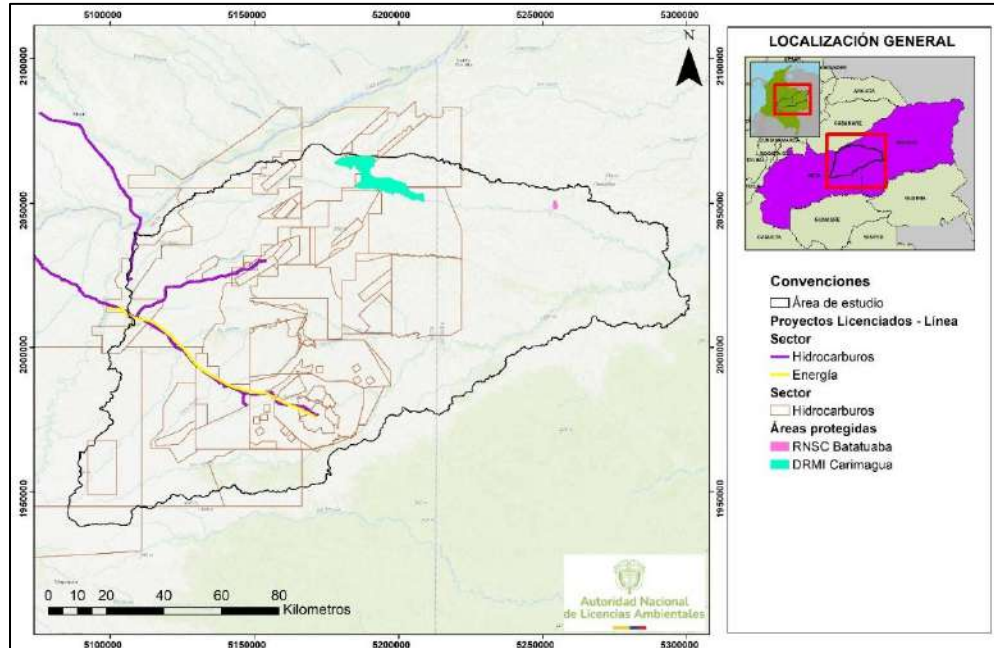
## B. ÁREAS PROTEGIDAS Y DE IMPORTANCIA AMBIENTAL

Según el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas – RUNAP (2021), el área regionalizada cuenta con un total de dos áreas protegidas:

- Reserva de la Sociedad Civil Batatuaba

Esta reserva está ubicada en la vereda La Gran Reforma del municipio de Cumaribo departamento del Vichada (ver Figura 97) y corresponde a un predio privado con un total de 396.8 ha. Posee la característica de ser un área protegida con uso sostenible de los recursos naturales cumpliendo un rol de conservar los espacios que manifiesten hábitat de especies silvestres, comunidades étnicas y conservación de las áreas naturales (RUNAP, 2021; Consorcio INERCO-OPTIM-CUNAGUARO, 2024).

Figura 97. Ubicación áreas protegidas dentro del área regionalizada.



Fuente: ANLA, 2025.

- Distrito Regional de Manejo Integrado Carimagua

Este DRMI fue declarado mediante Acuerdo 09 del 02 octubre de 2015 y corresponde a un centro de Investigación de Corpoica, ubicado en la hacienda Carimagua, en el municipio de Puerto Gaitán, en los límites entre el departamento del Vichada y el Meta. Esta área protegida hace parte de los determinantes ambientales establecidos por CORPOMACARENA, ya que tiene como función la conservación de la biodiversidad en la Orinoquia colombiana, al albergar una alta variedad de flora y fauna, incluyendo especies endémicas y amenazadas (CORMACARENA, 2018). Su mosaico de sabanas, bosques de galería, morichales y humedales provee servicios ecosistémicos fundamentales como la regulación hídrica, el almacenamiento de carbono y el mantenimiento de ciclos ecológicos. Además, su ubicación y estado de conservación lo convierten en una zona de amortiguación frente a los impactos de proyectos de hidrocarburos en la región, contribuyendo a la conectividad ecológica y a la sostenibilidad del paisaje (Revista Ecoguía, 2015). A continuación, en la Tabla 51, se presenta la intersección del DRMI Carimagua con algunos proyectos licenciados por ANLA (ver Figura 89).

Tabla 51. Proyectos licenciados por ANLA en intersección con el DRMI Carimagua.

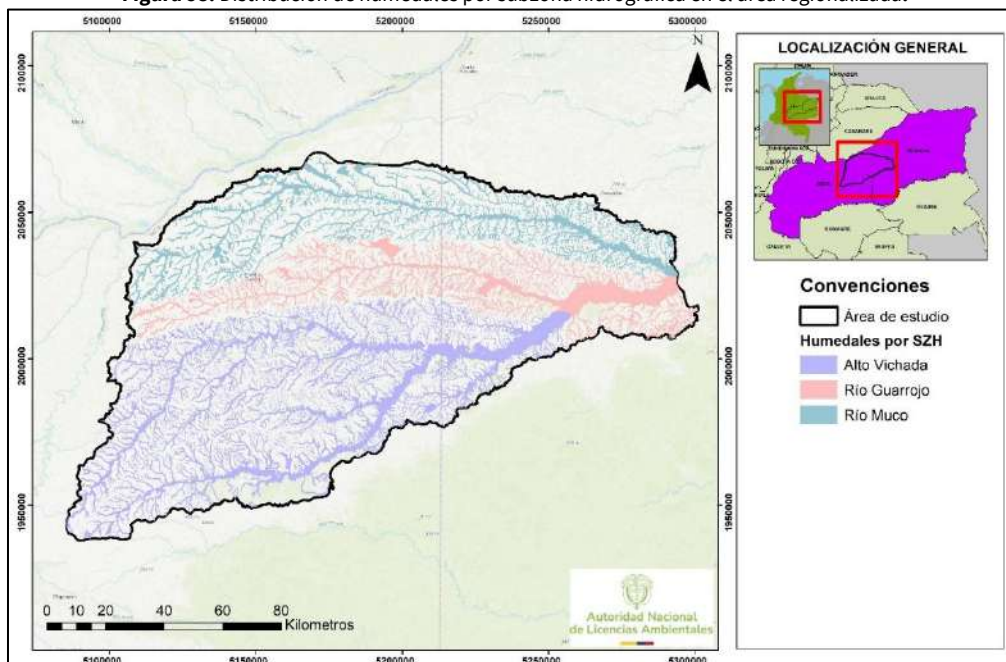
Expediente	Nombre Proyecto	Área de intersección (ha)
LAM4973	Área de interés de perforación exploratoria Bloque CPO-2.	1,752.13
LAM5088	Área de interés de perforación exploratoria Bloque CPO-3.	4,503.59
LAM2597	Área de interés de perforación exploratoria Coclí Norte.	1,915.62
LAV0048-14	Área de interés de perforación exploratoria bloque CPO-8 norte.	3,558.86
LAM3338	Perforación exploratoria área de interés Cabiona	2,684.6

Fuente: ANLA, 2025.

Por otro lado, de acuerdo con CORPOMACARENA dentro de los determinantes Ambientales para el Ordenamiento Territorial del Departamento del Meta, se encuentran los humedales y las sabanas inundables (=herbazales inundables) (ver Figura 98). El objetivo en estas áreas es primordialmente, proteger las asociaciones de vegetación herbácea con presencia o no de árboles esparcidos y con patrones estacionales de

disponibilidad de agua, así como también la conservación de los hábitats para la sobrevivencia de la biodiversidad, en especial aves acuáticas y/o migratorias; y garantizar la recarga natural de los acuíferos.

Figura 98. Distribución de humedales por subzona hidrográfica en el área regionalizada.



Fuente: ANLA, 2025.

## C. FAUNA

A partir de información primaria – base de datos corporativa (BDC) con corte a agosto de 2025– y fuentes secundarias, se describe de manera general la riqueza faunística que se encuentra en los ecosistemas terrestres de la SZH del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco, también se destacan elementos que han sido definidos como especies focales en diferentes ejercicios de planificación y se puntualizan las principales presiones que amenazan la fauna de la región.

Las aves conforman el grupo con mayor riqueza en la región, con más de 500 especies registradas (eBird, 2021; León et al., 2023; GBIF, 2025). Dentro de este grupo se destacan especies migratorias como la reinita estriada (*Setophaga striata*) y el andarríos maculado (*Actitis macularius*), así como otras categorizadas como Casi Amenazadas, entre ellas la garza agamí (*Agamia agami*) (BirdLife International, 2023) y el tachurí barbado (*Polystictus pectoralis*) (Amaya-Villarreal, 2016; BirdLife International, 2021). Le sigue el grupo de los mamíferos con cerca de 154 especies (León et al., 2023, GBIF, 2025). Dentro de este grupo se encuentran varias especies catalogadas en categoría de amenaza presentes en jurisdicción de Corporinoquia y Cormacarena; tales como el mico nocturno (*Aotus brumbacki*) clasificado como Vulnerable (VU) (Carretero, Guzmán-Caro, & Stevenson, 2020; MADS, 2024), el tapir (*Tapirus terrestris*) clasificado como Vulnerable (VU) (Valera et al., 2019; MADS, 2024) y el Oso palmero (*Myrmecophaga tridactyla*) considerado como Vulnerable (VU) a nivel nacional (Miranda et al., 2025; MADS, 2024).

Por su parte, los reptiles cuentan con cerca de 85 especies registradas en el área regionalizada (Morales-Rozo y Álvarez, 2020; GBIF, 2025). Dentro de este grupo se destacan las tortugas, tal como se menciona en el RAR del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (2018), debido a la presencia de especies amenazadas como la tortuga terecay (*Podocnemis unifilis*), catalogada como Vulnerable por la UICN (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996) y como En Peligro en las listas nacionales (Morales-Betancourt et al., 2015; MADS, 2024), y la tortuga charapa (*Podocnemis expansa*), evaluada como En Peligro Crítico en Colombia (Morales-Betancourt et al., 2015; MADS, 2024). En respuesta, Corporinoquia, junto con otras instituciones, elaboró el *Plan de acción*



para la conservación de las tortugas amenazadas de los humedales llaneros 2016–2026 (Martínez-Callejas et al., 2016) que contempla, entre otras acciones, la colecta de huevos para monitorear la tasa de fertilidad, así como la recolección de huevos y neonatos para identificar malformaciones y desarrollar protocolos de manejo ex situ. Finalmente, el grupo de los anfibios cuenta con aproximadamente 50 especies registradas en la región (GBIF, 2025).

Sobre las poblaciones de fauna que habitan SZH del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco, recaen tres amenazas principales: la transformación del hábitat por actividades agrícolas y ganaderas, la cacería por subsistencia y las quemadas (León et al., 2023). La expansión de la frontera agropecuaria ha reducido y fragmentado los ecosistemas naturales, afectando especialmente a las especies con requerimientos ecológicos específicos y dificultando la dispersión de la fauna, lo que aumenta su vulnerabilidad frente a otros factores de presión (Álvarez et al., 2023). A esto se suma la cacería, una práctica tradicional de subsistencia entre comunidades indígenas como los Sikuaní, pero también común entre los colonos, que responde tanto a necesidades alimenticias como económicas, y que ha contribuido a la disminución de muchas especies silvestres (León et al., 2023). Por otro lado, las quemadas —asociadas a prácticas de adecuación del suelo y tradiciones culturales durante la época seca— han alterado los regímenes ecológicos naturales, afectando la regeneración de los ecosistemas, la calidad del suelo y las interacciones ecológicas, con impactos negativos sobre la biodiversidad (León et al., 2023).

## D. FLORA

Con base en información primaria – base de datos corporativa (BDC) con corte a agosto de 2025– y algunas fuentes secundarias, se presenta una descripción general de la diversidad vegetal que se encuentra en los ecosistemas terrestres de la SZH del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco. Asimismo, se resaltan especies identificadas como focales en distintos procesos de planificación, y se señalan las principales presiones que ponen en riesgo la flora de la región.

Dentro del área regionalizada se pueden llegar a registrar aproximadamente 710 especies de plantas (Sofrony & González-Caballero, 2017; León et al., 2023; GBIF, 2025). De este total y de acuerdo con la Estrategia Nacional para la Conservación de Plantas - Agenda de Investigación y Monitoreo Región Orinoquía, actualmente hay priorizadas 73 especies, como un requerimiento para programas de conservación; de estas fueron identificadas 24 familias y 62 géneros. Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae con 17 especies, Arecaceae con 12 especies, Orchidaceae con 8, Apocynaceae y Chrysobalanaceae con 4 y Poaceae con 3 especies. Los géneros con mayor número de especies fueron *Hirtella* con 3 especies, *Trattinnickia*, *Andira* y *Aspidosperma* con 2 especies cada una (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Red Nacional de Jardines Botánicos de Colombia, 2013).

Por otro lado, algunas especies de interés para la conservación en la zona de la SZH del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco, son el Algarrobo (*Hymenaea courbaril*) bajo la categoría Casi amenazada en listas nacionales (León et al., 2023); el Cedro rosado (*Cedrela odorata*) catalogada como Vulnerable (Mark & Rivers, 2017) y el Quino (*Remijia amphithrix*) dado que es una especie endémica de la Orinoquía (Bernal, Gradstein, & Celis, 2015). Otra especie de interés para la zona es el palo de aceite (*Copaifera pubiflora*), una planta de interés cultural por sus múltiples usos, desde la madera hasta la oleoresina medicinal con propiedades antiinflamatorias, antifúngicas, anticancerígenas, entre otras. Sin embargo, en Colombia sus poblaciones han sido poco estudiadas, y factores como la sobreexplotación y la fragmentación del hábitat amenazan su sostenibilidad (CAR, 2019). Por ello, la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía (Corporinoquía) y la Fundación Orinoquía Biodiversa, desarrollaron el Plan de conservación y manejo del palo de aceite (*Copaifera pubiflora*) en los departamentos de Arauca, Casanare y Vichada.

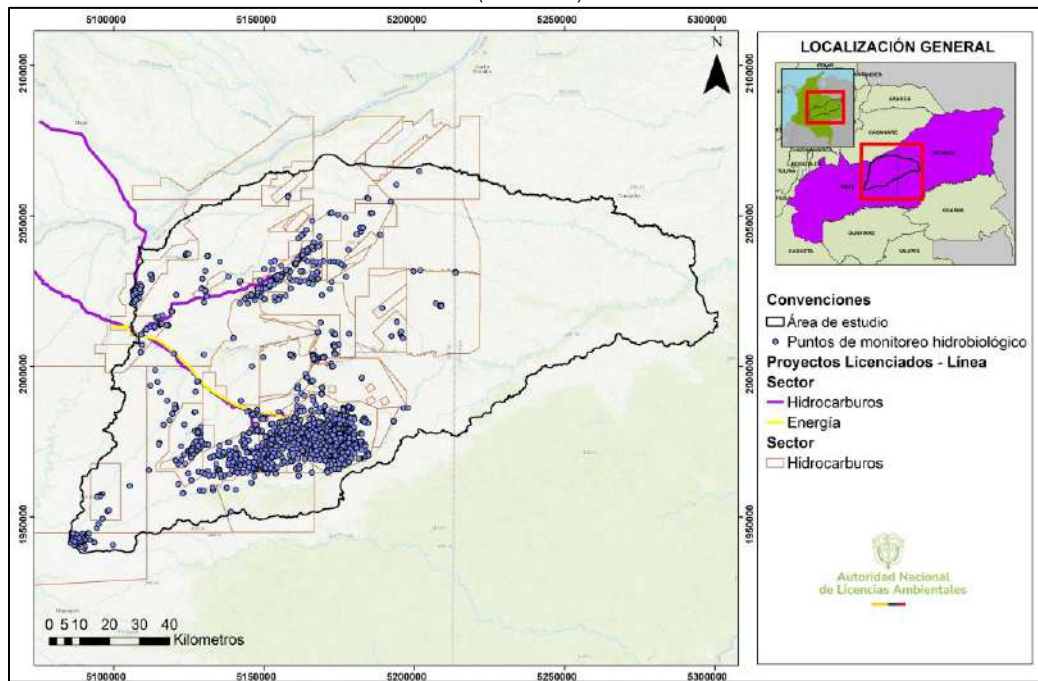
Finalmente, las poblaciones de flora enfrentan diversas amenazas, entre ellas las quemadas, un fenómeno que constituye uno de los principales factores de transformación a escala local y que afecta especialmente a los

bosques de galería y morichales, estas últimas asociaciones naturales de palma en áreas inundables dominados por la especie de moriche (*Mauritia flexuosa*) (León et al., 2023). También se destaca la presencia de especies exóticas catalogadas como invasoras, en particular la acacia (*Acacia mangium*) (Richardson y Rejmánek, 2011) y la palma africana de aceite (*Elaeis guineensis*) (Lozano et al., 2007), las cuales actúan como agentes de cambio cuya presencia ha aumentado principalmente en el Núcleo Tillavá (León et al., 2023).

## E. HIDROBIOTA

La Subzona Hidrográfica del Alto Vichada (SZH-AVRM) presenta una gran diversidad de unidades ecológicas y un clima cálido que favorece alta evapotranspiración, afectando cuerpos de agua y humedad del suelo. Comprende las cuencas altas de los ríos Vichada, Guarrojo y Muco, además del drenaje histórico del río Tillavá y el caño Rubiales. Registra 70 permisos de vertimiento autorizados por la ANLA (1.042,38 L/s), asociados a 28 proyectos, principalmente sobre cuerpos de agua. Destacan el Campo Rubiales (552,1 L/s), el Campo Ocelote-Este (200 L/s) y el Área Sabanero (22,72 L/s), mientras que otros nueve proyectos descargan menos de 9 L/s.

**Figura 99.** Puntos de monitoreo hidrobiológico evaluados para la Subzona hidrográfica del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM)

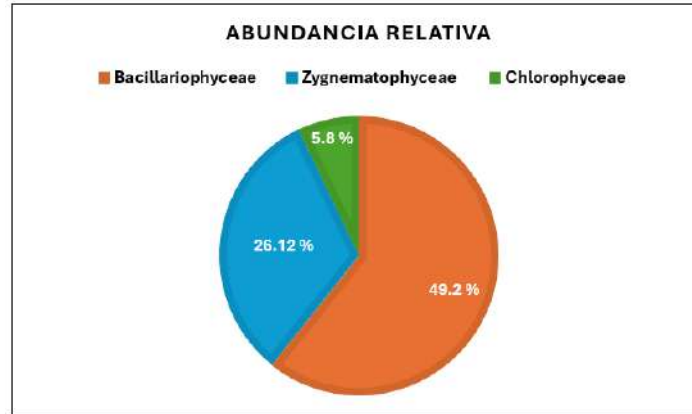


Fuente: ANLA, 2025

El análisis regional de este componente se realizó conforme a lo propuesto para el componente hídrico superficial, basándose en la subzona hidrográfica: SZH Alto Vichada. Los datos de puntos de monitoreo hidrobiológico se obtuvieron directamente de la sistematización de proyectos licenciados por la ANLA, ubicados dentro del área regionalizada. Esta información fue depurada considerando únicamente los datos reportados con las unidades adecuadas para cada comunidad, así como su correcta clasificación taxonómica. De esta manera, se estableció la composición, estructura y abundancia de las comunidades hidrobiológicas, tales como fitoplancton, perifiton, macroinvertebrados, macrofauna y macrófitas. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para evaluar y comprender el estado regional de los ecosistemas acuáticos y la hidrobiota, considerando su valor como bioindicadores dentro del área de estudio.

## Fitoplancton

Figura 100. Abundancia relativa de Fitoplancton

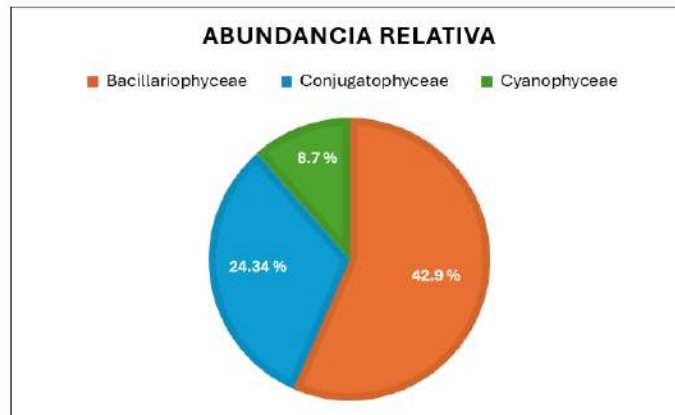


Fuente: ANLA, 2025

Para la subzona hidrográfica de Alto Vichada se ha identificado altas densidades fitoplanctónicas siendo *Bacillariophyceae* (49.23 %), *Zygnematophyceae* (*Conjugatophyceae*) (con 26.12%), y *Chlorophyceae* (con 5.79 %) las clases más dominantes. Esto refleja ciertas condiciones ambientales en la calidad del agua. *Bacillariophyceae*, es reconocida por ser bioindicador y por contribución al ciclo de carbono y a la producción primaria en este ecosistema (Segura-García V., 2012). Dentro de esta clase se registran altas concentraciones de los géneros *Eunotia*, *Navicula* y *Pinnularia*. *Eunotia*, el más dominante, es común en zonas con condiciones naturales de acidez y baja mineralización, prefiere aguas con baja disponibilidad de nutrientes (Round et al. 1990, Montoya-Moreno et al, 2013). Su alta abundancia puede reflejar baja intervención antrópica, escasa contaminación y un aporte orgánico natural importante, lo que indica un estado ecológico en buenas condiciones. *Zygnematophyceae*, en cambio, puede indicar concentraciones moderadas a elevadas de nutrientes, especialmente de nitrógeno y fósforo, lo que conlleva riesgo de eutrofización (Reynolds, 2006). En otros puntos de la región y sus áreas limítrofes, como en el proyecto Área de desarrollo Golondrina (LAV0060-00-2023), se registraron *Cosmarium*, *Eutonia*, *Pinnularia* y *Surirella*, mientras que en el Campo de Explotación Quifa (LAM4795) se reportó también la presencia significativa de *Navicula*, junto con *Euastrum*, *Oedogonium* y *Cladophora*, coincidiendo *Navicula* con su relevancia en la estructura fitoplanctónica de la zona, este último, puede asociarse a cuerpos de agua con alta carga de nutrientes y sedimentos.

## Perifiton

Figura 101. Abundancia relativa de Perifiton



Fuente: ANLA, 2025

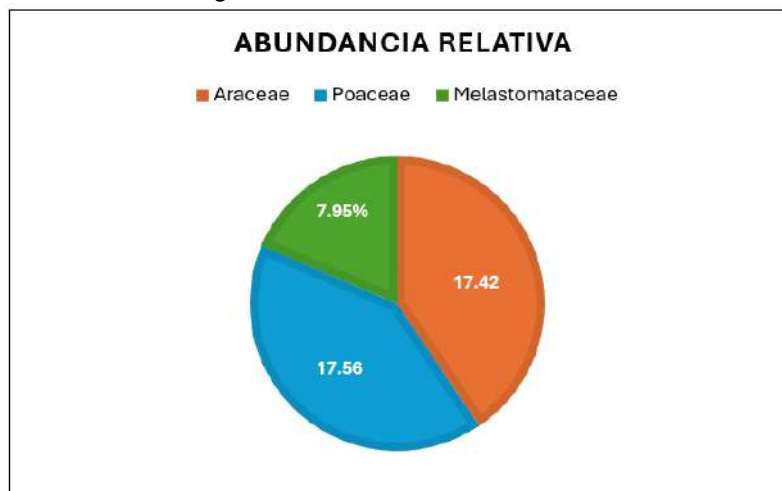


En esta subzona hidrográfica, la clase *Bacillariophyceae* es la más dominante (42,9 % de abundancia relativa), seguida por *Conjugatophyceae* (*Zygnematophyceae*) con 24,35 %. Dentro de *Bacillariophyceae* destacan los géneros *Eunotia*, *Pinnularia* y *Navicula*. La abundancia de *Eunotia* puede estar relacionada con un ecosistema acuático entre oligotrófico y mesotrófico, presente en sistemas lénticos o de corriente lenta como lagunas y caños, comunes en la región del Vichada. Estas condiciones corresponden a una baja o moderada concentración de nutrientes, indicativa de un ambiente poco perturbado y con características naturales conservadas (Round et al. 1990, Montoya-Moreno et al, 2013). Sin embargo, la presencia de *Pinnularia* y *Navicula* podría señalar una moderada a alta disponibilidad de nutrientes (especialmente fósforo y nitrógeno), posiblemente asociada a enriquecimiento de materia orgánica proveniente de vertimientos o escorrentía agrícola, variaciones en la conductividad o salinidad, o cambios en la velocidad de flujo y turbulencia

En zonas cercanas, como en el proyecto LAV0060-00-2023 (Área de desarrollo Golondrina), el perifiton estuvo conformado principalmente por *Eunotia*, *Gomphonema*, *Navicula* y *Pinnularia*, asociados a hábitats con alto contenido de nutrientes, sedimentos y aguas ácidas. El proyecto de Área de Desarrollo Caracara (LAM2997), la familia más abundante fue *Eunotiaceae*, con *Eunotia* aportando el 12,8% de la densidad total, seguida por *Bacillariaceae* (10,1%) y *Desmidiaceae* (9,8%), confirmando la importancia de los géneros *Eunotia* y *Navicula* en la región. En el Campo de Explotación Quifa (LAM4795), se registró alta abundancia de *Achnanthes* y *Synedra*, complementando la composición de *Bacillariophyceae* presente en la zona.

#### Macrófitos

Figura 102. Abundancia relativa de Macrófitos



Fuente: ANLA, 2025

En la subzona hidrográfica de Alto Vichada, las familias *Poaceae* (17,56 % de abundancia relativa) y *Araceae* (17,43 %) son las más dominantes. Dentro de *Poaceae*, los géneros más representativos son *Paspalum* y *Panicum*, gramíneas típicamente asociadas a ambientes húmedos, pero también sensibles a condiciones del suelo, nivel de disturbio, hidrología y uso del suelo. Su abundancia puede reflejar zonas de transición entre ambientes acuáticos y terrestres, lo que sugiere un régimen hidrológico con ciclos de inundación y retracción del agua, marcados por las temporadas de lluvia y sequía (Cortés-Pérez et al, 2023). Algunas especies de estos géneros toleran disturbios como pisoteo, quemas controladas o cambios en la cobertura vegetal. Su presencia podría asociarse a áreas de intervención baja a moderada, como sabanas naturales manejadas tradicionalmente (pastoreo extensivo, quema periódica), o a la pérdida de cobertura vegetal densa, que permite el establecimiento de estas gramíneas (Cortés-Pérez et al, 2023). Esto podría ser un indicador indirecto de baja carga de nutrientes en cuerpos de agua cercanos, ya que prosperan en condiciones marginales. En

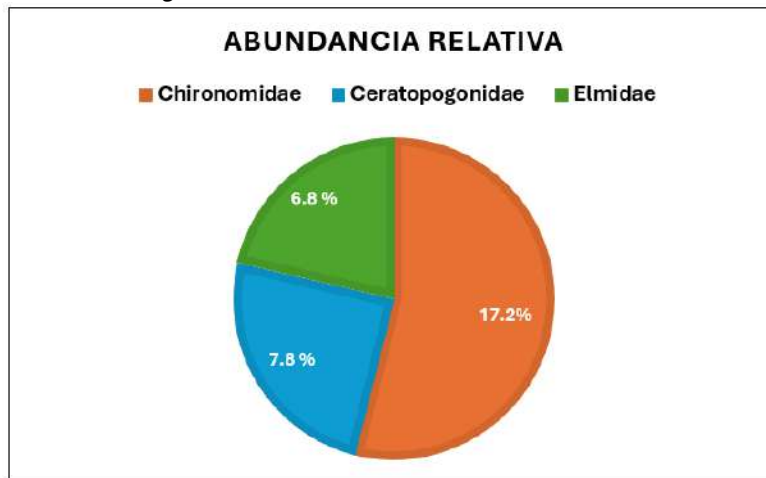


zonas ribereñas afectadas por actividades petroleras, estas gramíneas podrían establecerse con facilidad debido a su capacidad pionera y tolerancia a condiciones adversas y podrían contribuir a procesos de fitorremediación. En sitios con derrames o suelos con residuos de hidrocarburos, estas especies pueden persistir e incluso recolonizar áreas degradadas (Velásquez Arias, J. A. 2017)

En áreas limítrofes, como del proyecto LAV0060-00-2023 (Área de desarrollo Golondrina), se encontraron macrófitas pertenecientes a las familias Poaceae, Cyperaceae y Araceae, lo que indica condiciones propicias para el establecimiento de estas comunidades. En el Campo de Explotación Quifa (LAM4795), la comunidad de macrófitas estuvo compuesta por once taxones de ocho familias, destacando *Colocasia sp.* y *Sagittaria sp.* en muestreos mensuales, y *Elodea sp.* y nuevamente *Colocasia sp.* en muestreos trimestrales, reflejando una composición representativa y dinámica en la región.

### Macroinvertebrados

Figura 103. Abundancia relativa de Macroinvertebrados



Fuente: ANLA, 2025

En la subzona hidrográfica de Alto Vichada se registran más de 200 familias de macroinvertebrados, siendo Chironomidae (17,22 % de abundancia relativa), *Ceratopogonidae* (7,89 %) y Elmidae (6,8 %) las más dominantes. Chironomidae (mosquitos no picadores) es una de las familias más abundantes y diversas en sistemas acuáticos, con amplia tolerancia a cambios ambientales como bajos niveles de oxígeno disuelto, alta materia orgánica, carga orgánica moderada o alteración antrópica (sedimentos y vertimientos orgánicos). En algunos casos, puede indicar condiciones de baja oxigenación, como en sabanas inundables o lagunas con descomposición vegetal. Dentro de esta familia los géneros más representativos son *Chironomus* y *Ablabesmyia*, larvas de mosquitos no picadores empleadas como bioindicadores bentónicos, tolerantes a bajos niveles de oxígeno disuelto, incluso condiciones hipóxicas o anóxicas (Rawal D. et al, 2019). *Chironomus* se adapta muy bien a ambientes con sedimentos fangosos y alta materia orgánica en descomposición; su abundancia puede indicar elevadas tasas de descomposición orgánica, presencia de sedimentos finos y blandos enriquecidos con detritos, y aguas estancadas o de circulación reducida, lo que podría ser resultado de aportes de nutrientes por escorrentía, vertimientos o acumulación natural en cuerpos lénticos (Rawal D. et al, 2019)

En el proyecto Golondrina (LAV0060-00-2023), se encontraron macroinvertebrados bentónicos representados por familias como *Chironomidae*, *Marilia*, *Neotrichia* y *Alluaudomyia*, organismos que habitan ambientes acuáticos con presencia de oxígeno y materia vegetal sin requerimientos altamente específicos. En el Área de



Desarrollo Caracara (LAM2997), la comunidad bentónica estuvo dominada por el orden *Diptera*, principalmente por la familia *Chironomidae*, además de otros artrópodos que representaron la mayoría de la densidad total. En esta zona, la densidad varió según estaciones, con valores máximos en puntos aguas arriba y mínimos en algunos períodos aguas abajo. Durante la segunda mitad del año, la comunidad estuvo compuesta por diversas morfoespecies y predominó el orden *Diptera*, destacando nuevamente la familia *Chironomidae*.

En el Campo de Explotación Quifa (LAM4795), se identificaron organismos bentónicos pertenecientes a los *phyla* Arthropoda, Annelida y Mollusca, con numerosos taxones distribuidos en varios órdenes y familias. Las clases más representativas fueron *Insecta*, *Clitellata*, *Arachnida*, *Collembola*, *Malacostraca* y *Gastropoda*. En los monitoreos, las familias más abundantes fueron *Lumbriculidae* y *Tipulidae*, mientras que en el seguimiento trimestral destacaron *Thiaridae* y *Dytiscidae*.

### Macrofauna

Figura 104. Abundancia relativa de Macrofauna



Fuente: ANLA, 2025

En la subzona hidrográfica de Alto Vichada las familias *Characidae* (con 40.8% de abundancia relativa), *Pimelodidae* (con 7.58 %) y *Loricariidae* (con 7.24 %) son las más abundantes. *Characidae* se caracteriza por habitar aguas lenticas y loticas, son comunes en caños estacionales, zonas de inundación y en refugios temporales durante la época seca, dispersándose en época de lluvias e inundaciones. Por su parte, *Moenkhausia* y *Hemigrammus*, géneros más representativos de la familia *Characidae*, de tolerancia ecológica intermedia: si bien no son extremadamente sensibles, tampoco son altamente resistentes a la contaminación orgánica o a cambios drásticos de hábitat. Su abundancia puede reflejar condiciones medianamente conservadas, con disponibilidad de recursos, hábitat y refugio. La abundancia de especies como *Astyanax bimaculatus* y *Moenkhausia lepidura* puede indicar ambientes perturbados, eutrofización, pérdida de refugios o vegetación, e incluso alteraciones fisicoquímicas; *Astyanax bimaculatus* es generalista y suele dominar cuando desaparecen especies sensibles, mientras que *Moenkhausia lepidura* tolera variaciones en la calidad del agua. La dominancia de estas especies, junto con *Hemigrammus sp.*, podría ser una respuesta a la simplificación ecológica por pérdida de especies más sensibles.

La ausencia de géneros como *Apistogramma*, *Brycon* (muy baja presencia), *Brachyhypopomus* y *Sternopygus* puede señalar disminución de oxígeno disuelto, aumento de nutrientes y materia orgánica (eutrofización), y



presencia de contaminantes como hidrocarburos (p. ej., derrames), metales pesados o sedimentos finos (Corporinoquia & Omacha, 2019). También podría deberse a fragmentación de hábitat por obras hidráulicas (presas, diques, pasos de maquinaria), ganadería extensiva, extracción de agua para actividades industriales o agrícolas, y mal manejo de residuos o vertimientos. La ausencia de estos peces refleja un ecosistema en retroceso, ya que funciones ecológicas como filtración, control de algas, reciclaje de nutrientes y relaciones tróficas podrían verse comprometidas.

En áreas limítrofes, como el proyecto Golondrina (LAV0060-00-2023), se registraron especies representativas de ictiofauna como *Moenkhausia collettii* (con nombre común bobita), *Moenkhausia lepidura* (Rabo de fuego), *Hyphessobrycon acaciae* (Tetra de acacias) y *Hyphessobrycon metae* (Tetra del Meta) incluyendo dos especies amenazadas según la UICN: *Apistogramma macmasteri* (casi amenazada) conocido comúnmente como **cíclido enano de Macmaster** y *Corydoras loxozonus*, cuyo nombre común es Corydoras banda ancha (vulnerable) (GeoPark, 2024). Por su parte, el Área de Desarrollo Caracara (LAM2997), con muestreos en el caño La Palma y caño Sillatava, identificó una comunidad íctica diversa con predominancia del género *Hemigrammus*. Las familias *Characidae* y *Heptateridae* fueron las más importantes, y el orden *Characiformes* el más representativo, evidenciando la continuidad de estas comunidades en la región.

### Análisis integral de la Subzona Hidrográfica de Alto Vichada

La Orinoquia colombiana es un sistema heterogéneo y sensible que contiene 156 diferentes tipos de ecosistemas, de los cuales 49 corresponden a zonas transformadas por el hombre (Romero et al., 2004). Los principales cambios de coberturas naturales se asocian a la implementación de actividades extensivas como la ganadería extensiva, el cultivo de palma africana (*Elaeis guineensis*), arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y plantaciones forestales de acacia (*Acacia sensu*) y eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (Andrade et al., 2009). La acelerada transformación de los ecosistemas, junto con la creciente desecación de humedales para el establecimiento de estos cultivos, ha generado la disminución de caudales ecológicos en los principales ríos de la región debido a la captación de agua para riego, el vertimiento de agroquímicos y la construcción de infraestructura vial que altera los flujos hídricos naturales de las sábanas (Superina et al., 2014; Mosquera Guerra et al., 2015a; 2016).

Estas presiones se reflejan en la composición biótica: por un lado, hay un aumento de macrófitas como *Paspalum* y *Panicum*, indicadores de ambientes de transición y disturbio moderado; por otro, se observa la presencia de géneros de perifiton como *Pinnularia* y *Navicula*, asociados a una mayor disponibilidad de nutrientes y posible enriquecimiento orgánico. En el fitoplancton, domina la clase *Bacillariophyceae*, con géneros como *Eutonia* (indicador de aguas conservadas) junto con *Navicula* y *Pinnularia*, evidenciando un mosaico de condiciones que van desde sectores poco perturbados hasta áreas afectadas por escorrentía agrícola o vertimientos. Esto coincide con un estudio realizado en Campo Rubiales, donde el Índice de Contaminación por Trofia (ICOTRO) mostró cuerpos de agua con procesos de eutrofización, principalmente por altas concentraciones de fósforo, configurando un escenario crítico (ECOPETROL, 2019). Tales alteraciones afectan la hidrobiota, modificando la calidad del hábitat, la composición y estructura de las comunidades acuáticas, y causando una notable reducción en la fauna sensible, tanto en peces juveniles como en especies especializadas, lo que conlleva a una pérdida de diversidad funcional (ECOPETROL, 2019). Además, se registran disminuciones en las capturas locales, afectando la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas, así como alteraciones en las cadenas tróficas acuáticas, con escasez de macroinvertebrados que repercute en peces, aves y otros depredadores. Finalmente, la alteración del flujo natural impacta los ciclos reproductivos y migratorios de la fauna acuática.

Históricamente, la contaminación por derrames de hidrocarburos derivados de ataques a la infraestructura petrolera en el marco del conflicto armado ha afectado las cuencas de los ríos Arauca y Casanare, impactando



la calidad del agua y la integridad de sus comunidades biológicas. Adicionalmente, la bioacumulación de mercurio en las redes tróficas acuáticas es un problema persistente (Corporinoquia & Omacha, 2019). La explotación aurífera, sumada a procesos de deforestación y quemas en la Orinoquía, ha liberado cantidades significativas de este metal pesado a los ríos, facilitando su biomagnificación y el incremento de concentraciones en los tejidos de organismos, especialmente en peces carnívoros y omnívoros (Corporinoquia & Omacha, 2019). En este contexto, la estructura de los macroinvertebrados bentónicos refleja cambios en la calidad del hábitat: la dominancia de quironómidos, con géneros como *Chironomus* y *Ablabesmyia* tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno y alta materia orgánica indica áreas con sedimentos finos, blandos y enriquecidos en detritos, producto de aportes de nutrientes, acumulación natural o reducción del flujo hídrico. Estas condiciones no solo afectan la salud de las comunidades acuáticas, sino que también favorecen la transferencia y acumulación de contaminantes como el mercurio a lo largo de la cadena trófica (Corporinoquia & Omacha, 2019).

Finalmente, la sobreexplotación pesquera en los ríos de la cuenca del Orinoco —incluidos el Arauca, Meta, Cravo Norte y Vichada— (Mosquera-Guerra et al., 2015) ha generado una disminución significativa de grandes bagres migratorios, como *Pseudoplatystoma metaense* (bague rayado del Meta) y *Pseudoplatystoma orinocoense* (bague rayado del Orinoco), especies categorizadas En Peligro (EN), así como de otras especies de alta importancia ecológica y comercial. Esto ha generado su reemplazo por especies más tolerantes o de menor tamaño, como el mapurite o simí (*Calophysus macropterus*), que ha sustituido al capaz (*Pimelodus grosskopfii*) en las cadenas de comercialización (Corporinoquia & Omacha, 2019). En la subzona hidrográfica del Alto Vichada, la comunidad íctica evidencia esta presión: aunque familias como Characidae con géneros de tolerancia intermedia como *Moenkhausia* y *Hemigrammus*— mantienen abundancias importantes, la dominancia de especies generalistas como *Astyanax bimaculatus* y *Moenkhausia lepidura* sugiere ambientes perturbados y pérdida de especies sensibles. La baja presencia o ausencia de géneros como *Apistogramma*, *Brycon*, *Brachyhyopomus* y *Sternopygus* está asociada a eutrofización, disminución de oxígeno disuelto, contaminación y fragmentación de hábitats. Este empobrecimiento de la diversidad funcional compromete procesos ecológicos esenciales como la filtración, el control de algas, el reciclaje de nutrientes y la estabilidad de las redes tróficas acuáticas.

## F. COMPENSACIONES E INVERSIÓN FORZOSA DE NO MENOS DEL 1%

### Compensaciones

De acuerdo con la información consolidada hasta agosto de 2025, 40 de los 41 proyectos registrados en el área regionalizada presentan obligaciones de compensación, principalmente por afectaciones generales al medio ambiente, aprovechamiento forestal y pérdida de biodiversidad (ver Tabla 52). Entre las actividades principales se destaca la reforestación protectora, presente en el 30 % de los proyectos (12 en total). En esta categoría, sobresale el proyecto LAM2997, que contempla una compensación forestal de 122,95 ha en el Resguardo Indígena Wacoyo. Por otro lado, se encuentran en menor medida actividades asociadas al enriquecimiento de bosques de galería y herramienta de manejo de paisaje, proyectos silvopastoriles, agroforestales, silviculturales, en áreas agrícolas y ganaderas. En cuanto al estado de las compensaciones, el 65% se encuentra en ejecución, el 38% por ejecutar, el 12.5% esta ejecutado y el 7,5% esta como pendiente de requerimientos.

**Tabla 52.** Balance general compensaciones.

Expediente	Cantidad impuesta	Origen de la compensación	Tipo	Estado	Actividad para desarrollar
LAM0019	300 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	Reforestación protectora

Expediente	Cantidad impuesta	Origen de la compensación	Tipo	Estado	Actividad para desarrollar
	-*	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Actividades de restauración ecológica en 1584ha, en ecosistemas de bosque de galería y herbazal degradados, de forma costo/efectiva y culturalmente valorada. Actividades para la valoración integral con énfasis en especies de interés artesanal, maderable, ornamental y/o alimentaria, que incluya su integración en modelos productivos piloto hacia el biocomercio sostenible. Desarrollo de una estrategia de gestión participativa culturalmente incluyente, que promueva la conservación y sostenibilidad en el territorio
	-*	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Reforestación
	-*	Emisiones atmosféricas	-*	En ejecución	Enriquecimiento de bosques de galería
	-*	Uso del suelo	-*	Ejecutado	Enriquecimiento de bosques de galería
	-*	Uso del suelo	-*	Ejecutado	Reforestación
	-*	Uso del suelo	-*	En ejecución	Actividades de restauración ecológica en 1584ha, en ecosistemas de bosque de galería y herbazal degradados, de forma costo/efectiva y culturalmente valorada. Actividades para la valoración integral con énfasis en especies de interés artesanal, maderable, ornamental y/o alimentaria, que incluya su integración en modelos productivos piloto hacia el biocomercio sostenible. Desarrollo de una estrategia de gestión participativa culturalmente incluyente, que promueva la conservación y sostenibilidad en el territorio
LAM2965	32.8 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Por ejecutar	Reforestación protectora
	41.09 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	57.3 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Por ejecutar	Reforestación protectora
	73 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	96.3 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	109 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	-*	Afectaciones generales al medio ambiente	Resolución	Por ejecutar	Restauración
	-*	Aprovechamiento forestal	Resolución	Por ejecutar	Reforestación protectora
LAM2997	46.2 ha	Uso del suelo	-*	Ejecutado	Reforestación protectora

Expediente	Cantidad impuesta	Origen de la compensación	Tipo	Estado	Actividad para desarrollar
	-*	Uso del suelo	-*	En ejecución	Preservación
	-*	Uso del suelo	Auto	En ejecución	Reforestación protectora
	-*	Uso del suelo	Auto	Por ejecutar	Reforestación protectora
LAM3293	3.54 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Por ejecutar	-*
	4.83 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Por ejecutar	-*
	42.63 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	-*
LAM3338	0.08 ha	Aprovechamiento forestal	Resolución	Por ejecutar	Reforestación
	1.5 ha	Aprovechamiento forestal	Resolución	Por ejecutar	Restauración y Uso sostenible
	6 ha	Emisiones atmosféricas	Resolución	Por ejecutar	-*
	13.47 ha	Uso del suelo	Resolución	Por ejecutar	Restauración y Uso sostenible
	101.4 ha	Uso del suelo	Resolución	Por ejecutar	Reforestación
LAM3340	1.9 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	-*
	2.23 ha	Afectaciones generales al medio ambiente	-*	En ejecución	-*
	25.5 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	-*
LAM3524	9.3 ha	Uso del suelo	-*	Ejecutado	-*
	51 ha	Uso del suelo	-*	Por ejecutar	-*
LAM3547	23.06 ha	Afectación del paisaje	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	-*	Afectación del paisaje	-*	En ejecución	Reforestación protectora
LAM3605	-*	Uso del suelo	-*	Por ejecutar	-*
LAM3678	5 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	Reforestación protectora
	32 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	Reforestación protectora
LAM3969	-*	Uso del suelo	Auto	En ejecución	Reforestación protectora
LAM4008	-*	Aprovechamiento forestal	Auto	En ejecución	-*
LAM4221	-*	Aprovechamiento forestal	Resolución	En ejecución	Restauración ecológica
LAM4352	-*	Aprovechamiento forestal	Auto	En ejecución	-*
LAM4503	-*	Aprovechamiento forestal	Resolución	En ejecución	-*
LAM4649	-*	Aprovechamiento forestal	Auto	Por ejecutar	Ampliación y restauración ecológica
LAM4795	-*	Afectación del paisaje	Resolución	En ejecución	Reforestación protectora
	-*	Aprovechamiento forestal	Resolución	Por ejecutar	Reforestación protectora
LAM4973	-*	Afectación del paisaje	-*	Por ejecutar	Reforestación protectora

Expediente	Cantidad impuesta	Origen de la compensación	Tipo	Estado	Actividad para desarrollar
LAM4978	30 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Reforestación protectora
	44.2 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Reforestación protectora
	80 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Reforestación protectora
	100.28 ha	Aprovechamiento forestal	-*	Ejecutado	Reforestación protectora
LAM5023	-*	Uso del suelo	Resolución	En ejecución	Establecer acuerdos de conservación, servidumbre ecológicas, Incentivos para mantenimiento y conservación de las áreas
LAM5088	25.98	Afectaciones generales al medio ambiente	Resolución	Por ejecutar	Restauración
LAM5089	-*	Uso del suelo	Resolución	En ejecución	Reforestación protectora
LAM5124	-*	Afectaciones generales al medio ambiente	Auto	En ejecución	Reforestación protectora
LAM5170	33.71 ha	Afectaciones generales al medio ambiente	-*	Por ejecutar	-*
LAM5172	3.63 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	-*
	-*	Afectación del paisaje	-*	En ejecución	Herramienta de manejo de paisaje, proyectos silvopastoriles, agroforestales, silviculturales, etc) en áreas agrícolas y ganaderas.
LAM5175	-*	Uso del suelo	Resolución	En ejecución	Establecer acuerdos de conservación, servidumbre ecológicas, Incentivos para mantenimiento y conservación de las áreas
LAM5225	3.68 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	-*
LAM5281	-*	Aprovechamiento forestal, cambio de uso del suelo	Resolución	En ejecución	Reforestación protectora
LAM5297	0.64 ha	Aprovechamiento forestal	-*	En ejecución	-*
	4.98 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	-*
	-*	Aprovechamiento forestal	Resolución	Por ejecutar	Restauración ecológica
LAM5475	1.1 ha	Uso del suelo	-*	En ejecución	-*
LAM5506	927.45 ha	Aprovechamiento forestal	Resolución	En ejecución	Saneamientos predial/restauración ecológica
	-*	Aprovechamiento forestal	-*	Por ejecutar	-*
LAM5995	-*	Uso del suelo	Resolución	En ejecución	Restauración ecológica
LAV0006-12	7.7 ha	Uso del suelo	-*	Por ejecutar	-*
LAV0011-14	-*	Pérdida de biodiversidad	-*	Pendientes de requerimientos	-*

Expediente	Cantidad impuesta	Origen de la compensación	Tipo	Estado	Actividad para desarrollar
LAV0012-00-2018	_*	Pérdida por biodiversidad	_*	Evaluación	_*
LAV0033-00-2015	_*	Aprovechamiento forestal	_*	Pendientes de requerimientos	_*
	3 ha	Pérdida de biodiversidad	_*	Ejecutado	Rehabilitación
	_*	Pérdida de biodiversidad	_*	Pendientes de requerimientos	_*
LAV0041-13	244.472 ha	Pérdida de biodiversidad	Resolución	En ejecución	Restauración
	_*	Pérdida de biodiversidad	Resolución	En ejecución	Restauración
LAV0084-13	109.857 ha	Afectaciones generales al medio ambiente	Resolución	Por ejecutar	Rehabilitación ecológica
LAV0090-00-2014	_*	Pérdida de biodiversidad	Resolución	En ejecución	Establecer acuerdos de conservación, servidumbre ecológicas, Incentivos para mantenimiento y conservación de las áreas

Fuente: ANLA, 2025.

\* La información consultada en las diferentes resoluciones y/o conceptos técnicos no contiene el detalle de esta información

### Inversión forzosa de no menos del 1%

Frente a la inversión forzosa de no menos del 1%, para el área de estudio, 39 proyectos cuentan con esta obligación (información con fecha de corte a agosto de 2025). Las actividades por desarrollar están orientadas al enriquecimiento vegetal, aislamiento de áreas para favorecer la sucesión vegetal, restauración ecológica, compra de predios, sistemas silvopastoriles y agroforestales, entre otros. Respecto a los estados de la inversión el 56% de los proyectos (22) se encuentran en aprobado en ejecución y el 6% se encuentra ya ejecutado. A continuación, en la Tabla 53 se presenta el resumen de lo anteriormente descrito.

**Tabla 53.** Balance general de la inversión forzosa de no menos del 1%.

Expediente	Estado de la línea de inversión	Inversión 1%	Actividad para desarrollar
LAM0019	Aprobado en ejecución	-	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado en ejecución	-	Enriquecimiento vegetal
	Ejecutado	526,125,684.02	_*
	Ejecutado	-	Enriquecimiento vegetal
LAM2965	Aprobado en ejecución	-	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	-	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	-	Obras para el control de caudales
	Ejecutado	9,170,182.71	Obras biomecánicas para los suelos
	Ejecutado	-	Compra de predios
LAM2997	Aprobado por ejecutar	171,721,220.04	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado por ejecutar	_*	Compra de predios

Expediente	Estado de la línea de inversión	Inversión 1%	Actividad para desarrollar
LAM3293	Aprobado en ejecución	3,6067,229.34	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
LAM3338	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal
	Ejecutado	11,215,501.08	Actividades de recuperación, preservación y vigilancia
LAM3340	Aprobado en ejecución	49,411,110	Reforestación con especies nativas
	Aprobado en ejecución	-*	Reforestación con especies nativas
LAM3524	Aprobado por ejecutar	-*	Actividades de recuperación, preservación y vigilancia de la cuenca del Río Meta, subcuenca del caño Arimena y la cuenca del Río Vichada, subcuenca del río Muco; y dentro de ésta última se localizan las microcuencas de los caños Caracarate y Macuchape.
	Ejecutado	-*	Monitoreo hidrológico e hidrometeorológico
LAM3547	Aprobado en ejecución	14,492,132.75	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado en ejecución	-*	Enriquecimiento vegetal
	Aprobado en ejecución	-*	Formación de promotores de la comunidad-vereda
LAM3605	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal
LAM3678	Aprobado en ejecución	193,777,863.4	Enriquecimiento vegetal
	Aprobado en ejecución	-*	Enriquecimiento vegetal
LAM3969	Aprobado en ejecución	161,873,260.4	Enriquecimiento vegetal
	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal
LAM4008	Aprobado en ejecución	688,093,649.2	Enriquecimiento vegetal
LAM4221	Aprobado en ejecución	194,036,347.74	Reforestación protectora del Caño Corrobol en un área de 141,64 hectáreas en los lotes IV-*4221-*07-*A (43,06 ha) y IV4221-*07-*B (98,57 ha) localizados dentro de los predios Galicia 1 y Galicia 2; Cercos Vivos, Aislamiento y Reforestación
	Aprobado en ejecución	-*	Compra de predios
	Aprobado en ejecución	-*	Reforestación protectora del Caño Corrobol en un área de 141,64 hectáreas en los lotes IV-*4221-*07-*A (43,06 ha) y IV4221-*07-*B (98,57 ha) localizados dentro de los predios Galicia 1 y Galicia 2; Cercos Vivos, Aislamiento y Reforestación
	Aprobado por ejecutar	-*	Apoyo en la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Guarrojo
	Aprobado por ejecutar	-*	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	-*	Regeneración Natural Asistida
LAM4352	Aprobado en ejecución	701,703,876.7	Compra de predios
LAM4503	Aprobado en ejecución	57,361,836.2	Enriquecimiento vegetal
LAM4649	Aprobado en ejecución	736,345,025.2	Enriquecimiento vegetal

Expediente	Estado de la línea de inversión	Inversión 1%	Actividad para desarrollar
LAM4795	Aprobado en ejecución	-*	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado por ejecutar	-*	Formación de promotores ambientales
	Aprobado por ejecutar	-*	-**
	Ejecutado	12,441,027.29	Formulación del Plan de Ordenación
LAM4973	Aprobado por ejecutar	275,810,067.3	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado por ejecutar	-*	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
LAM4978	Aprobado en ejecución	-*	Reforestación con especies nativas
	Ejecutado	901,128,384.4	Compra de predios
	Ejecutado	-*	Corredor biológico
LAM5023	Aprobado en ejecución	16,284,242.69	-*
	Aprobado en ejecución	-*	Sistema Agroforestal
	Aprobado en ejecución	-*	Sistema silvopastoril
LAM5088	Aprobado por ejecutar	24,736,651.8	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
LAM5089	Aprobado en ejecución	49,426,425.64	1. Proyectos productivos sostenibles de Sistemas silvopastoriles. 2. Cosecha de agua para uso en riego de sistemas de producción a Pequeña escala.
LAM5124	Aprobado en ejecución	150,496,112.1	Enriquecimiento vegetal
LAM5170	Aprobado por ejecutar	342,967,771.5	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	-*	Reforestación con especies nativas
LAM5172	Aprobado por ejecutar	87,573,003.38	Reforestación con especies nativas
	Aprobado por ejecutar	-*	Compra de predios
LAM5225	Aprobado en ejecución	67,511,361	Enriquecimiento vegetal
LAM5281	Aprobado por ejecutar	444,462,679.3	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado por ejecutar	688,493,522.3	Formación de promotores de la comunidad- *vereda
LAM5297	Aprobado por ejecutar	49,128,294.73	Reforestación con especies nativas
	Desistida	-*	Compra de predios
	Desistida	-*	Reforestación con especies nativas
LAM5475	Aprobado en ejecución	238,177,727.3	Enriquecimiento vegetal
LAM5506	Aprobado por ejecutar	32,090,799.12	Apoyo en la elaboración del Plan de Ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica
	Aprobado por ejecutar	-*	Apoyo en la elaboración del Plan de Ordenamiento y manejo de la subcuenca hidrográfica
	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal
	Aprobado en ejecución	-*	Sistema Agroforestal
	Aprobado en ejecución	-*	Sistema silvopastoril
	Aprobado por ejecutar	277,516,89.22	Enriquecimiento vegetal
LAV0006-12	Aprobado por ejecutar	277,632,753	Sistema Agroforestal
	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal



Expediente	Estado de la línea de inversión	Inversión 1%	Actividad para desarrollar
LAV0012-00-2018	Aprobado por ejecutar	-*	Apoyo en la formulación del Plan de Ordenamiento Territorial.
	Pendientes de requerimientos	-*	Impulso de actividades productivas sostenibles a través de buenas prácticas de producción
LAV0033-00-2015	Aprobado por ejecutar	275,611,011.9	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
	Aprobado por ejecutar	-*	Enriquecimiento vegetal
LAV0037-00-2015	Aprobado por ejecutar	22,088,037.03	Aislamiento de áreas para facilitar la sucesión natural
LAV0041-13	Aprobado en ejecución	-*	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	197,572,353.3	-*
	Aprobado por ejecutar	-*	Compra de predios
	Aprobado por ejecutar	-*	Restauración ecológica
	Aprobado por ejecutar	-*	Sistemas agroforestales
LAV0084-13	Aprobado por ejecutar	197,052,436	-*
	Aprobado por ejecutar	-*	Formación de promotores de la comunidad- *vereda
	Aprobado por ejecutar	-*	Regeneración Natural Asistida
LAV0090-00-2014	Aprobado en ejecución	159,286,001.1	Enriquecimiento vegetal
	Aprobado en ejecución	-	Sistema silvopastoril

Fuente: ANLA, 2025.

\* La información consultada en las diferentes resoluciones y/o conceptos técnicos no contiene el detalle de esta información

## G. MODELACIÓN BIÓTICA

### Objetivo específico del ejercicio de modelación

El objetivo de este análisis es identificar áreas clave para la conservación de la fauna y su papel en la conectividad ecológica dentro del área de estudio, así como evaluar el impacto de la implementación de escenarios prospectivos sobre dicha conectividad. Además, de identificar las áreas con pérdida de cobertura boscosa dentro del área regionalizada como proxy de la pérdida de hábitat para la fauna asociada.

Este enfoque tiene como propósito proporcionar elementos que amplíen las pautas de análisis sobre las consecuencias de las decisiones relacionadas con la pérdida y degradación de la cobertura vegetal, ya sea a través del aprovechamiento forestal autorizado o los cambios en el uso del suelo. A su vez, busca ofrecer criterios para una evaluación más eficiente de las estrategias de mitigación, y la compensación por los impactos generados. Esto permitirá actualizar y fortalecer los lineamientos y criterios de evaluación y seguimiento que actualmente rigen la normatividad y los manuales relacionados con el medio biótico.

### Información utilizada

#### Modelo de distribución potencial

Para alcanzar el objetivo planteado se utilizaron las variables bioclimáticas extraídas de las series de precipitación y temperatura del IDEAM:

#### Conectividad ecológica funcional

Para alcanzar el objetivo planteado se utilizaron:



- Coberturas de la tierra (Mapa digital integrado de las Coberturas y Usos de la Tierra 1:00.000 – IDEAM, 2020)
- Infraestructura de proyectos licenciados

#### Análisis de pérdida de cobertura boscosa

- Global forest change 2001-2022
- Infraestructura de proyectos licenciados (línea y polígono)

### Metodología

Considerando la lista de especies faunísticas de interés y el alcance del presente reporte —así como la magnitud de los proyectos que generan impactos sobre los ecosistemas y la fauna terrestre— se seleccionaron dos especies focales con base en su sensibilidad a los impactos directos e indirectos, requerimientos de área, heterogeneidad de hábitat, vulnerabilidad, funcionalidad ecológica, significado socioeconómico y disponibilidad de información.

La primera especie analizada fue el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), categorizado como Vulnerable (VU) según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2023). Su presencia se asocia principalmente a sabanas, pastizales y bosques, donde cumple un papel ecológico esencial en el control de poblaciones de insectos sociales (hormigas y termitas). Debido a su baja densidad poblacional y a la pérdida y fragmentación de hábitat, esta especie es especialmente sensible a los procesos de transformación del paisaje. La segunda especie seleccionada fue el mono capuchino (*Sapajus apella*), clasificado como de Menor Preocupación (LC) por la UICN (2023), aunque sujeto a presiones derivadas de la deforestación y la cacería de subsistencia. Este primate utiliza bosques primarios y secundarios y desempeña un papel importante en la dispersión de semillas, contribuyendo a la regeneración natural de los ecosistemas.

Para ambas especies se elaboraron modelos de distribución potencial (MDP) bajo el escenario actual y bajo condiciones de cambio climático, con el objetivo de identificar las áreas con mayor probabilidad de presencia y evaluar su vulnerabilidad futura. Los modelos se parametrizaron utilizando registros de presencia provenientes del Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024) y de las caracterizaciones bióticas de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) realizados en la zona de análisis. Previo al modelado, los registros fueron sometidos a un control de calidad espacial, eliminando duplicados y reduciendo la autocorrelación espacial. Se incorporaron variables bioclimáticas derivadas de estaciones hidrometeorológicas, siguiendo los métodos descritos por el U.S. Geological Survey (USGS, 2012) en Bioclimatic Predictors for Supporting Ecological Applications in the Conterminous United States. Como insumos, se utilizaron un modelo digital de elevación (DEM) con resolución de 30 m y series diarias de precipitación y temperatura máxima, mínima y media del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2023). Todas las capas fueron estandarizadas en extensión, proyección y resolución espacial. La selección de predictores consideró la colinealidad mediante el coeficiente de correlación ( $|r| < 0,7$ ) y la ecología de cada especie, reteniendo únicamente las variables informativas.

Para el escenario de cambio climático se utilizaron las proyecciones de la Cuarta Comunicación Nacional del IDEAM bajo el escenario Shared Socioeconomic Pathway 5 (SSP5), seleccionando el año 2063 como referencia por corresponder al período con máximas temperaturas y mínima precipitación. Estas proyecciones se transfirieron al modelo calibrado para el escenario actual. El ajuste de los modelos se realizó mediante el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt) (Phillips et al., 2006; Cobos, Peterson, Barve y Osorio-Olvera, 2019), ampliamente utilizado para modelar distribuciones de especies con datos de presencia.



Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de conectividad funcional aplicando la teoría de grafos, con el propósito de identificar la agregación de parches de vegetación natural y su contribución a la conectividad ecológica. Para ello, se definieron las coberturas que representan los hábitats de preferencia de cada especie, considerando como parámetro delimitador de los parches el rango de hogar promedio y como medida de dispersión la capacidad media de desplazamiento de cada especie. Con esta información, se calcularon los índices dPCintra, dPCflux, dPCinter, dPCconnector y el Índice Integral de Conectividad del Paisaje (IIC), de acuerdo con Saura y Rubio (2010), empleando el programa Makurini (Makurhini v1.0; Munguía et al., 2020). Para cada parche identificado, se obtuvieron los valores porcentuales del índice dIIC, lo que permitió evaluar su aporte a la conectividad global del paisaje. Para la identificación de áreas idóneas de las especies se utilizaron únicamente los índices dPCintra y dPCconnector, que permiten evaluar la agregación de los parches y su importancia funcional en la conectividad. Los parches ubicados en el cuartil superior de dichos índices fueron clasificados como áreas núcleo y áreas corredor.

Por otra parte, se efectuó un análisis de pérdida de cobertura boscosa entre los años 2001 y 2023, utilizando la capa de pérdida de cobertura arbórea de Hansen et al. (2022), derivada de imágenes satelitales Landsat con resolución espacial de 30 m. Este análisis se aplicó a los proyectos localizados dentro del área regionalizada como un proxy de pérdida de hábitat, permitiendo identificar zonas donde la transformación del suelo y las dinámicas de uso han reducido la cobertura natural. Los resultados facilitan la identificación de áreas prioritarias para la compensación ambiental y la inversión del 1%, conforme a la normativa ambiental vigente.

### Supuestos de modelación

#### Modelo de distribución potencial

##### Oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*)

- Bio 4 — Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar)
- Bio 6 — Temperatura mínima del mes más frío
- Bio 16 — Precipitación del trimestre más húmedo
- Bio 17 — Precipitación del trimestre más seco
- Bio 18 — Precipitación del trimestre más cálido
- DEM — Modelo Digital de Elevación

##### Mono capuchino (*Sapajus apella*)

- Bio 4 — Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar)
- Bio 6 — Temperatura mínima del mes más frío
- Bio 16 — Precipitación del trimestre más húmedo
- Bio 17 — Precipitación del trimestre más seco
- DEM — Modelo Digital de Elevación

#### Conectividad ecológica funcional

##### Oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*)

Coberturas de la tierra analizadas: Bosque abierto, bosque fragmentado, bosque de galería y/o ripario, herbazal, arbustal, vegetación secundaria o en transición.

##### *Importancia de los parches para la conectividad ecológica (dPC)*

- Rango de hogar: 77 ha
- Distancia de dispersión (movimiento diario): 4960 m
- Distribución altitudinal: 0-2000 msnm.



### Mono capuchino (*Sapajus apella*)

Coberturas de la tierra analizadas: Bosque denso, bosque abierto, bosque fragmentado, bosque de galería y/o ripario

#### *Importancia de los parches para la conectividad ecológica (dPC)*

- Rango de hogar: 44 ha
- Distancia de dispersión (movimiento diario): 2200 m
- Distribución altitudinal: 0-2700 msnm.

### **Cambio de la cobertura de bosque dentro del área regionalizada:**

En el resultado fueron 6 series de tiempo de imágenes Landsat 8 a resolución de 30 metros que caracterizan la extensión y el cambio en la cobertura de bosque. El análisis comprendió los años del 2001 al 2021 y puede ser usado como un proxy a la pérdida de hábitat. En cuanto a las áreas con evidencia de pérdida, se estimó la pérdida de cobertura boscosa dentro de los proyectos localizados en el área regionalizada, con el fin de identificar las zonas más afectadas por la deforestación y los cambios en el uso del suelo.

## **Resultados (Hallazgos principales escenario actual y cambio climático)**

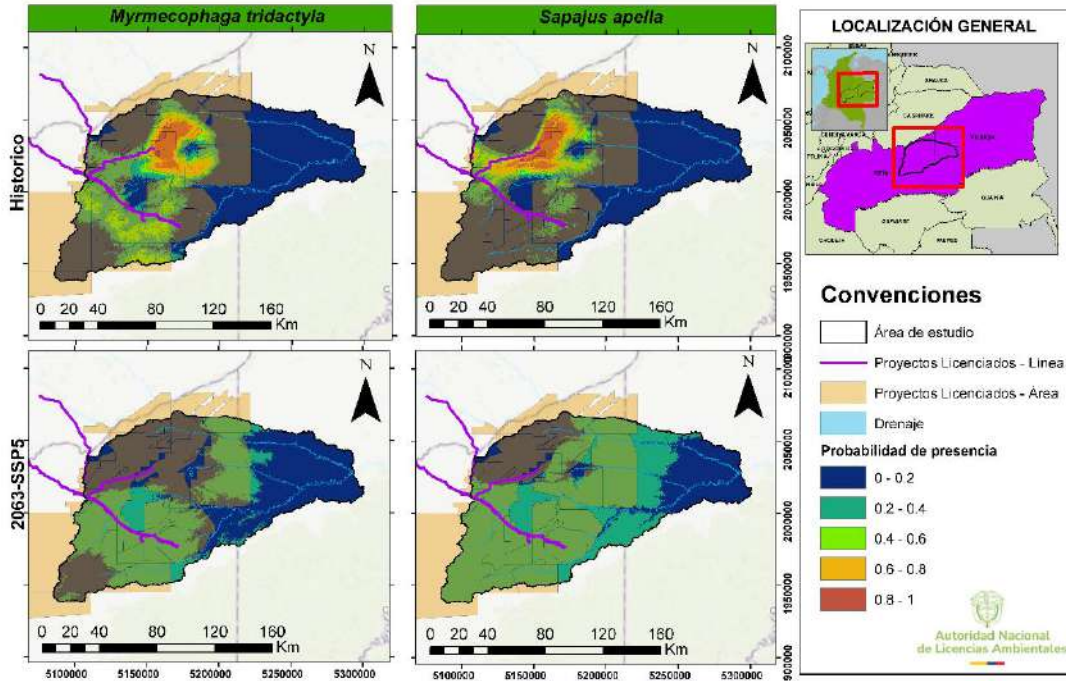
### **Modelo de distribución potencial**

Los modelos de distribución potencial desarrollados para el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*) y el mono capuchino (*Sapajus apella*) en la subzona hidrográfica Alto Vichada – Muco y Guarrojo, a partir de registros de GBIF y expedientes licenciados por la ANLA, evidencian una alta sensibilidad de ambas especies a la variabilidad climática y a los impactos antrópicos derivados de proyectos de hidrocarburos. En el caso de *M. tridactyla*, el modelo actual mostró una amplia idoneidad en áreas centrales y noroccidentales, asociadas a bosques continuos y zonas ribereñas. Sin embargo, bajo el escenario crítico de cambio climático SSP5 para el año 2063, caracterizado por la menor precipitación proyectada por el IDEAM, su distribución se contrae hacia el centro y suroriente, con una disminución en la probabilidad de presencia en sectores antes óptimos. Esta reducción se puede explicar por la fuerte dependencia de la especie de variables como la estacionalidad de la temperatura (bio4, 62.1% de contribución), que regula la disponibilidad de invertebrados y termiteros de los cuales se alimenta, así como de la precipitación en los trimestres húmedo y seco (bio16 y bio17, 23.6% en conjunto), que influyen en la productividad del sotobosque y en la dinámica de hormigueros y termiteros. La altitud (DEM2, 13.1%) también juega un papel importante al delimitar gradientes de vegetación y microclimas. Estos resultados sugieren que la especie, de hábitos terrestres y con amplios desplazamientos, podría ver reducido su rango potencial bajo escenarios de sequía prolongada. A ello se suma el impacto directo de los proyectos licenciados, donde el atropellamiento en vías de acceso de proyectos de hidrocarburos puede representar una amenaza prioritaria para la especie.

De otra parte, *S. apella* presentó en el escenario actual una distribución más amplia, con alta probabilidad de presencia en zonas noroccidentales y centrales del área de estudio, mientras que bajo el escenario SSP5 para el año 2063 se proyecta una marcada reducción, con áreas refugio limitadas al centro-oriente. El desempeño del modelo (AUC 0.865) fue consistente, destacando la importancia de la estacionalidad de la temperatura (bio4, 48.4%), la cual influye en la disponibilidad fenológica de frutos e insectos que componen su dieta omnívora, y de la precipitación en el trimestre más seco (bio17, 25.3%), directamente vinculada a la permanencia de fuentes de agua y a la productividad vegetal en periodos críticos. La altitud (DEM2, 16.4%) delimita el acceso a bosques de galería y formaciones más cerradas que proveen refugio y alimento, mientras que la precipitación en el trimestre más húmedo (bio16, 8.7%) refuerza la dependencia de la especie de hábitats

con alta disponibilidad de frutos. A diferencia del oso hormiguero, para este primate los impactos más críticos asociados a los proyectos hidrocarburos se relacionan con la pérdida y fragmentación de hábitat por aprovechamiento forestal, así como con la presión sonora generada por las actividades de los proyectos que interfiere en su comunicación social y territorialidad.

**Figura 105.** Modelos de distribución potencial de *Myrmecophaga tridactyla* y *Sapajus apella* en la subzona hidrográfica Alto Vichada – Muco y Guarrojo



Fuente: ANLA, 2025

### Conectividad funcional

#### Oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*)

Se identificaron registros de *Myrmecophaga tridactyla* dentro del área de estudio, provenientes tanto de la base de datos GBIF como de expedientes licenciados por la ANLA, distribuidos principalmente en la zona central y noroccidental de la subzona hidrográfica Alto Vichada – Muco y Guarrojo. Una parte de estos registros se encuentra próxima a proyectos de hidrocarburos y a sus vías de acceso, lo que incrementa el riesgo de atropellamiento, una de las principales amenazas para la especie. Estas zonas presentan coberturas de sabanas, bosques de galería y parches de vegetación secundaria, que han sido objeto de transformaciones por actividades de exploración, infraestructura asociada y aprovechamiento forestal.

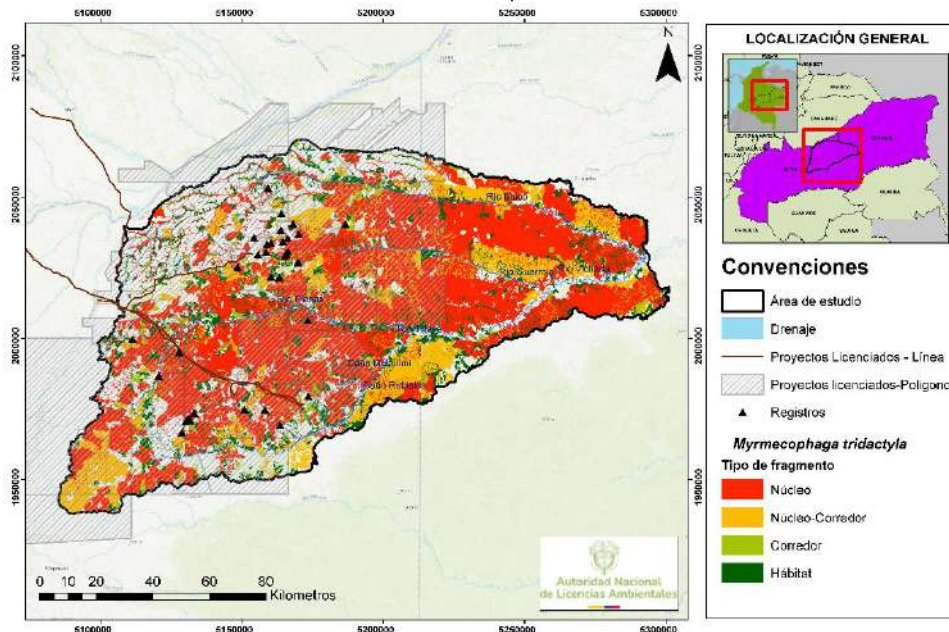
El modelo de conectividad funcional, calculado mediante el índice de probabilidad de conectividad (dPC), evidenció que las áreas clasificadas como núcleo y núcleo-corredor se concentran en la parte centro-oriental y noroccidental del área de estudio, donde persisten coberturas más continuas y de mayor integridad ecológica. Estas zonas representan áreas prioritarias para la conservación y el mantenimiento de la conectividad de la especie, ya que garantizan hábitats adecuados para sus amplios desplazamientos en búsqueda de alimento. Los corredores identificados se distribuyen como enlaces funcionales entre los núcleos principales, permitiendo la conectividad ecológica y el flujo de individuos, mientras que las áreas



clasificadas como hábitat corresponden a fragmentos con menor conectividad, rodeados por matrices más intervenidas y con un valor limitado para la persistencia poblacional a largo plazo.

No obstante, se observa una desconexión creciente entre algunos registros y los principales parches núcleo, asociada a la fragmentación del hábitat y a la presencia de proyectos de hidrocarburos que actúan como barreras lineales y generan pérdida de cobertura natural. Esta desconexión compromete la funcionalidad ecológica del paisaje y aumenta el riesgo de aislamiento de poblaciones locales, especialmente en el sector sur y en áreas cercanas a la infraestructura vial.

**Figura. 106** Áreas de importancia para la conectividad identificadas para *Myrmecophaga tridactyla* con análisis de grafos en el escenario presente

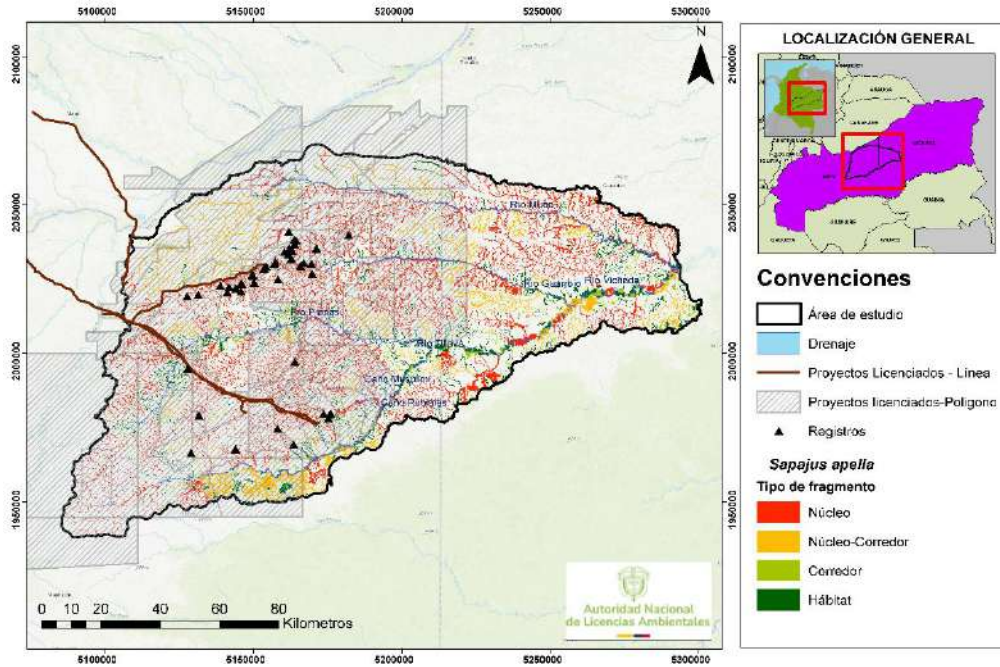


Fuente: ANLA, 2025

### Mono capuchino (*Sapajus apella*)

Se identificaron registros de *Sapajus apella* en el área de estudio, provenientes tanto de la base de datos GBIF como de expedientes licenciados por la ANLA, distribuidos principalmente en la zona noroccidental y central de la subzona hidrográfica Alto Vichada – Muco y Guarrojo. El análisis de conectividad funcional realizado con el índice de probabilidad de conectividad (dPC) permitió identificar áreas clasificadas como núcleo, núcleo-corredor, corredor y hábitat. Los fragmentos núcleo se concentran en el sector noroccidental del área de estudio, donde persisten coberturas boscosas continuas de mayor integridad ecológica, que resultan esenciales para el mantenimiento de poblaciones de *S. apella*. Los fragmentos núcleo-corredor se distribuyen de manera intermedia, conectando núcleos mayores y funcionando como áreas clave para el tránsito de individuos. Los corredores identificados permiten enlazar los fragmentos principales, asegurando el flujo genético y la viabilidad poblacional, mientras que las áreas clasificadas como hábitat corresponden a fragmentos más aislados y de menor conectividad, cuya funcionalidad depende de la permanencia de remanentes boscosos en la matriz.

Figura 107 Áreas de importancia para la conectividad identificadas para *Sapajus apella* con análisis de grafos en el escenario presente



Fuente: ANLA, 2025

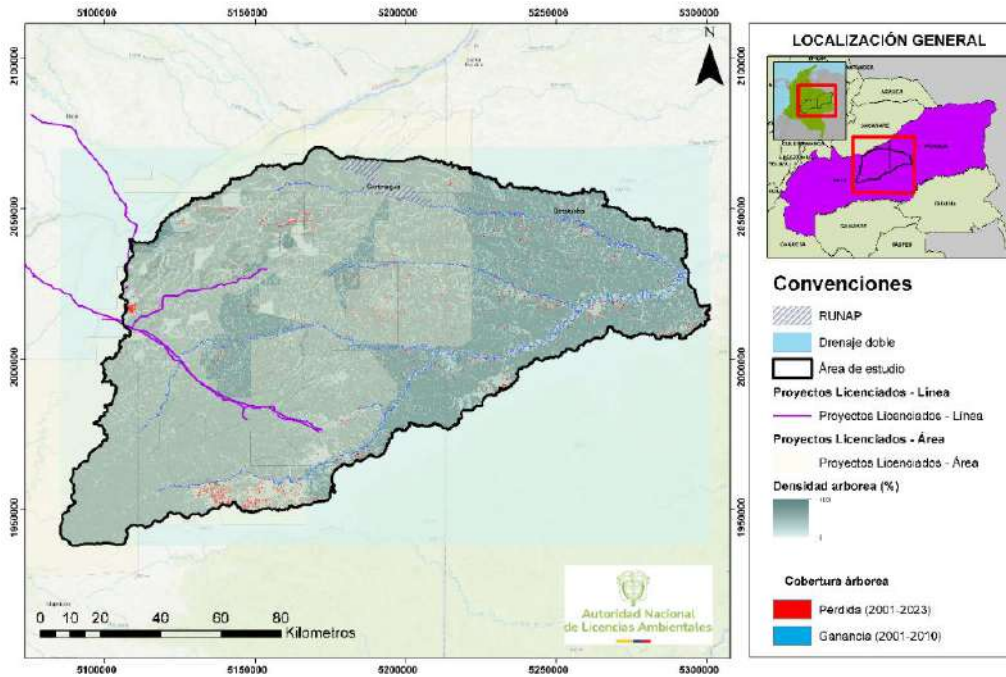
En un escenario futuro de expansión de proyectos, especialmente hidrocarburos y obras de infraestructura asociada, las áreas de mayor valor para la conectividad —en particular los núcleos y corredores— podrían verse fuertemente impactadas, reduciendo aún más la disponibilidad de hábitats continuos y los enlaces funcionales entre poblaciones. Por ello, se recomienda restringir actividades de aprovechamiento forestal en zonas núcleo y corredores, implementar medidas de mitigación de ruido en áreas de alta sensibilidad y fortalecer los planes de compensación ecológica en fragmentos conectores, con el fin de mantener la conectividad estructural y funcional del paisaje. Estas acciones no solo favorecerían a *S. apella*, sino también a otras especies de primates y fauna asociada que dependen de la continuidad de los bosques en la región.

### Análisis de pérdida de cobertura boscosa en el área regionalizada

Este análisis multitemporal permitió identificar patrones de deforestación en la subzona hidrográfica Alto Vichada – Muco y Guarrojo, los cuales, si bien no pueden atribuirse de manera exclusiva a una actividad puntual, evidencian sectores del territorio donde la cobertura forestal se ha reducido de manera significativa, constituyendo un insumo clave para la gestión ambiental regional.

De acuerdo con los resultados, la pérdida de cobertura arbórea se concentra principalmente en el sector sur y noroccidental del área de estudio, en zonas donde coinciden coberturas de sabanas arboladas, pastos limpios y mosaicos de cultivos, así como la presencia de proyectos hidrocarburos.

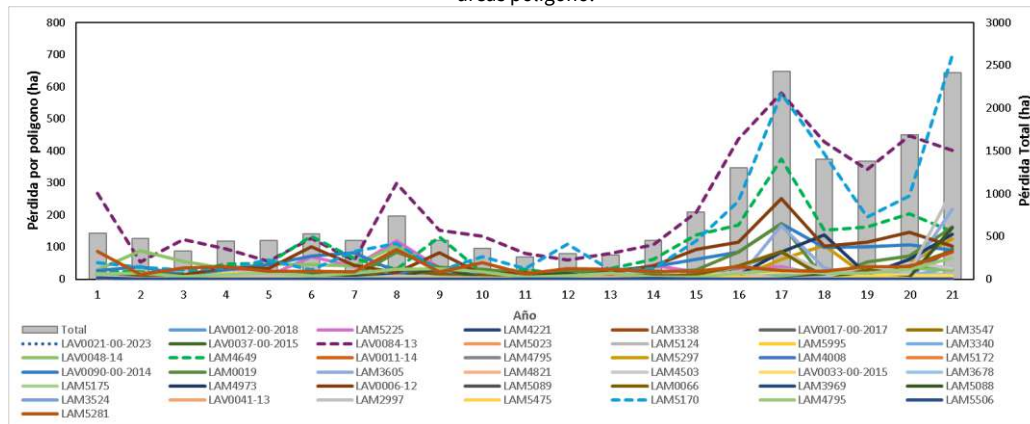
Figura 108. Pérdida de cobertura vegetal en el área regionalizada entre el 2001 y 2021.



Fuente: ANLA,2024

En cuanto a la dinámica temporal, se observa que los años con mayor pérdida total de cobertura boscosa fueron entre 2017 y 2021, registrando picos significativos de deforestación, como se muestra en las gráficas. En particular, en 2017 y 2021 se alcanzaron los valores más altos, con pérdidas superiores a las 2.500 hectáreas, coincidiendo con picos altos de pérdida de cobertura dentro de las áreas de influencia de los proyectos de hidrocarburos.

Figura 109. Pérdida de cobertura vegetal en hectáreas entre el año 2001 al 2022 para las áreas de influencia de los proyectos con áreas polígono.

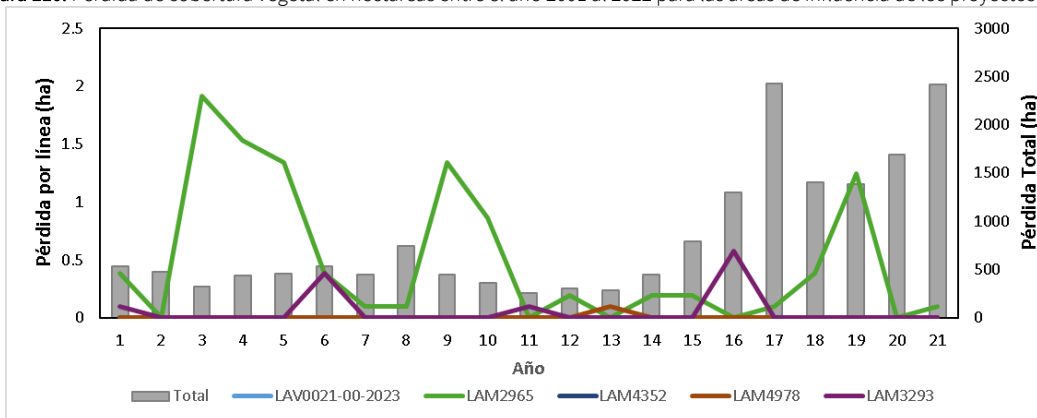


Fuente: ANLA,2024

Respecto a los proyectos tipo línea, destacan aquellos con mayores pérdidas acumuladas como los identificados bajo las licencias LAM2965 y LAM3293, que presentan incrementos notorios en periodos de intervención, evidenciando picos localizados que coinciden con los años de mayor deforestación total regional (Figura 109). En relación con los proyectos tipo polígono, los de mayor impacto corresponden a las licencias

LAV0021-00-2023, LAV0017-00-2017 y LAV0009-00-2014, cuyas áreas de influencia presentan pérdidas recurrentes de cobertura arbórea, especialmente hacia el sector centro-sur del área de estudio (Figura 110).

Figura 110. Pérdida de cobertura vegetal en hectáreas entre el año 2001 al 2022 para las áreas de influencia de los proyectos línea.



Fuente: ANLA, 2024

En este contexto, se recomienda priorizar estas zonas en estrategias de restauración ecológica, fortalecer la conservación de áreas protegidas (RUNAP) y de coberturas boscosas remanentes, e implementar planes de manejo ambiental con participación de comunidades locales y proyectos licenciados. Dichas estrategias deberían orientarse a mitigar impactos acumulativos como la pérdida de cobertura vegetal, la alteración de corredores de fauna y la afectación de especies vulnerables.

#### Recomendaciones para la gestión

Los análisis realizados evidencian que *Myrmecophaga tridactyla* enfrenta principalmente riesgos asociados a la mortalidad directa por atropellamiento en vías de acceso y a la reducción de hábitat bajo escenarios de mayor aridez, mientras que *Sapajus apella* resulta más vulnerable a la degradación de bosques y a las alteraciones en la disponibilidad de frutos y refugios. Estas diferencias ecológicas resaltan la necesidad de implementar estrategias de manejo diferenciadas: por un lado, la instalación de pasos de fauna y medidas de mitigación de atropellamiento para el oso hormiguero; y por otro, la conservación de coberturas boscosas y la gestión del ruido ambiental en el caso del mono capuchino. Ambas medidas son fundamentales para asegurar la persistencia de estas especies frente a los escenarios combinados de cambio climático y desarrollo extractivo.

En un escenario de expansión de proyectos hidrocarburos, las áreas de mayor importancia para la conectividad —especialmente los núcleos-corredores y corredores identificados— podrían verse seriamente comprometidas, lo que incrementaría la fragmentación y limitaría la movilidad de las poblaciones. Por ello, se recomienda restringir las intervenciones en zonas núcleo y corredores, establecer infraestructura de conectividad como pasos de fauna en vías de acceso y fortalecer los planes de compensación ecológica en áreas de hábitat y corredores funcionales. La implementación de estas medidas contribuiría a mantener la conectividad ecológica del paisaje, beneficiando no solo a *M. tridactyla*, sino también a *S. apella* y a otras especies de mamíferos medianos y grandes que dependen de la continuidad de sabanas y bosques de galería en la región.

## XVIII. ANÁLISIS DE INTEGRALIDAD

El análisis de integralidad busca comprender cómo los impactos sobre el medio ambiente no ocurren de manera aislada, sino que se combinan y se acumulan en el tiempo. Este enfoque permite examinar cómo un



**Componente Ambiental de Valor (VEC)** —como un río, un ecosistema, una especie o una comunidad— se ve afectado no solo por un proyecto específico, sino también por:

- Los cambios y transformaciones ocurridos en el pasado.
- Las actividades que actualmente ejercen presión en la zona (tanto dentro como fuera del licenciamiento ambiental de la ANLA).
- Los proyectos y desarrollos sectoriales previstos, así como la manera en que los componentes ambientales se verán afectados frente al cambio climático.

De allí proviene el concepto de integralidad: integrar y relacionar la información de la caracterización ambiental con las actividades e impactos pasados, presentes y futuros, dentro y fuera del licenciamiento de la ANLA, con el fin de obtener una visión amplia y realista de la situación.

A estos efectos combinados se les denomina impactos acumulativos. Son efectos adicionales o incrementales que se generan cuando, a los impactos de un proyecto específico, se suman los de otros proyectos ya ejecutados, en marcha o planificados.

Por su parte, un Componente Ambiental de Valor (VEC) se entiende como aquel elemento ambiental o social que es considerado importante para la gestión ambiental, ya sea por su función ecológica, su valor para las comunidades, su relevancia cultural o por su papel en el bienestar del territorio. Estos componentes requieren especial atención porque, al estar expuestos a múltiples presiones, pueden sufrir transformaciones más intensas o aceleradas.

En conjunto, este análisis integral ofrece una visión amplia y realista de cómo distintos factores y actividades inciden en los VEC, al considerar de manera conjunta los impactos actuales, futuros. Esta mirada permite establecer una base sólida para el diseño de medidas de manejo más efectivas y sostenibles en el tiempo.

## **A. IMPACTOS PRESENTES**

### **Proyectos licenciados ANLA**

Con el objetivo de incorporar en el análisis integral los impactos generados por proyectos licenciados en el área de estudio, se realizó la jerarquización de impactos con base en las Categorías Estandarizadas de Impacto (CEI) definidas por la ANLA. En el área de estudio se registran 41 proyectos en seguimiento, de los cuales 36 fueron objeto del ejercicio de jerarquización de impactos con base en las Categorías Estandarizadas de Impacto (CEI) definidas por la ANLA. El análisis permitió identificar 28 CEI, con una frecuencia acumulada de 853 impactos, de los cuales el sector hidrocarburos concentra el 98.7 % (842 impactos) y el sector energía apenas el 1.3 % (11 impactos). Dentro del subsector hidrocarburos, la fase de exploración representa la mayor presión ambiental con 656 impactos (77.8 %), seguida por explotación con 160 impactos (19 %) y transporte y conducción con 26 impactos (3.1 %).

En cuanto a los impactos más representativos sobre los componentes abióticos corresponden a la alteración en la calidad del suelo (82 impactos; 9.6 %), la alteración en la calidad del agua superficial (73 impactos; 8.6 %), la alteración en la calidad del recurso hídrico subterráneo (27 impactos; 3.2 %) y la alteración en la calidad del aire (50 impactos; 5.9 %). Para el medio biótico, destacan la alteración a comunidades de fauna terrestre (52 impactos; 6.1 %), la alteración a ecosistemas y hábitats terrestres (28 impactos; 3.3 %) y la alteración a la hidrobiota (24 impactos; 2.8 %). En el medio socioeconómico, las categorías más recurrentes fueron la alteración de actividades económicas (56 impactos; 6.6 %), así como la generación de conflictos socioambientales (101 impactos; 11.8 %), reflejando la alta interacción entre los proyectos de hidrocarburos y las dinámicas locales de uso del territorio.



De manera complementaria, la evaluación de permisos de uso y aprovechamiento de recursos naturales muestra un patrón consistente con lo anterior. En total se identificaron 2686 permisos otorgados, entre los cuales el aprovechamiento forestal es el más significativo, con 1924 autorizaciones que superan un volumen de 77000 m<sup>3</sup> de madera, traduciéndose en pérdida de cobertura vegetal, fragmentación de hábitats y afectación a comunidades de flora y fauna. Le siguen los 318 permisos de ocupación de cauce, que inciden directamente en la dinámica hidrogeomorfológica de los ríos, alterando la estabilidad de los cauces, el régimen sedimentológico y las condiciones geotécnicas locales. En el caso de la captación de agua superficial, los 159 permisos concedidos superan los 600 L/s de caudal autorizado, lo cual representa una presión acumulativa sobre la disponibilidad del recurso en épocas de estiaje. Asimismo, los 49 permisos de exploración y concesión de agua subterránea pueden generar efectos acumulativos sobre la recarga de acuíferos y niveles piezométricos. Finalmente, los 91 permisos de vertimiento al suelo, los 22 a cuerpos de agua y los 109 de inyección consolidan un escenario de riesgo directo para la calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo, mientras que los 14 permisos de emisiones atmosféricas, aunque menos numerosos, pueden tener un efecto acumulativo sobre la calidad del aire y la salud de los ecosistemas.

### **Actividades fuera de licenciamiento de la ANLA**

En el marco del análisis de los impactos ambientales, y de acuerdo con la caracterización socioeconómica de la región, se identificaron las principales actividades económicas que, si bien no están bajo el ámbito de licenciamiento de la ANLA, influyen significativamente en el estado de los componentes ambientales. La agroindustria, la agricultura y la ganadería generan impactos acumulativos que afectan los componentes abiótico, biótico y socioeconómico, incrementando la vulnerabilidad del territorio y reduciendo la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático y otras presiones.

#### ***Impactos generados por ganadería extensiva***

La Orinoquía colombiana, una de las regiones más biodiversas del país, experimenta presiones ambientales significativas, con la ganadería extensiva como uno de los principales motores de transformación territorial. Si bien esta actividad ha sido tradicional y ha dado forma a la cultura llanera, sus efectos se acumulan en el tiempo, llevando a la degradación de los recursos naturales y afectando los ecosistemas y las comunidades. A pesar de que la economía del Meta se centra en los hidrocarburos y la agricultura a gran escala (como el cultivo de palma de aceite y arroz), la ganadería extensiva ocupa la mayor parte del territorio y es uno de los principales factores de deforestación. Su uso generalizado de pastizales contribuye a la compactación del suelo y a la pérdida de biodiversidad, lo que pone en riesgo los ecosistemas únicos de la Orinoquía. En contraste, en el Vichada, la ganadería extensiva es una de las actividades económicas más importantes, lo que acentúa su papel como principal motor de la transformación del paisaje en el área. La acumulación de estos impactos en ambos departamentos genera una presión constante y creciente sobre los recursos naturales, haciendo que la ganadería sea una de las principales causas de degradación en el área de estudio (IDEAM, 2023; IDEAM, 2023).

En las coberturas y ecosistemas naturales la conversión hacia potreros ha sido el cambio más evidente. En la Orinoquía se estima que más de 545000 hectáreas de sabanas naturales fueron transformadas entre 2014 y 2020 hacia usos agropecuarios, principalmente para pasturas ganaderas (Instituto Humboldt, 2022). En Puerto Gaitán, el peso territorial de la ganadería extensiva ha implicado la sustitución de sabanas inundables, morichales y bosques de galería por potreros homogéneos, reduciendo la conectividad ecológica y la capacidad de regulación hídrica. (IDEAM, 2020)

Se observa un efecto acumulativo significativo sobre el agua superficial, documentado para la Orinoquía (Instituto Humboldt., 2019; WWF, 2020). El libre acceso del ganado a caños y ríos incrementa la carga de sedimentos, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y coliformes fecales, deteriorando la calidad del agua y afectando su disponibilidad para consumo humano, fauna acuática y actividades locales. Además, la compactación de



los suelos disminuye la infiltración y, por ende, limita la recarga de acuíferos, aumentando la vulnerabilidad del agua subterránea frente a contaminación difusa en zonas de altillanura (IDEAM, 2018).

En los ecosistemas, el sobrepastoreo y las quemadas reiteradas han simplificado la vegetación, reduciendo la cobertura de especies nativas y favoreciendo gramíneas exóticas. Este efecto ha sido documentado en estudios de sabanas inundables de la Orinoquía, donde la interacción entre fuego y pastoreo modifica la estructura y composición vegetal, generando paisajes más homogéneos y menos resilientes frente a disturbios. A largo plazo, los morichales y bosques de galería, al estar expuestos a la ocupación de riberas, han perdido grosor y funcionalidad, disminuyendo su papel como corredores ecológicos y reguladores hídricos (Huertas, y otros, 2021)

En términos climáticos, la ganadería extensiva contribuye con altas emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En Colombia, el sector bovino libera alrededor de 34.85 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente al año, equivalentes al 14.7 % de las emisiones nacionales, con un 59 % proveniente del metano entérico y el resto del manejo de estiércol (Biocarbono, 2021). Este aporte acumulativo refuerza la vulnerabilidad de la región frente al cambio climático, aumentando la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones que afectan la productividad ganadera.

En el plano socioeconómico, la ganadería extensiva representa el eje de la economía local, pero bajo un modelo de uso intensivo de la tierra con baja generación de empleo e ingresos por hectárea. En 2008 se registraban 5.7 millones de bovinos en 9.75 millones de hectáreas en la Orinoquia, con apenas un empleo directo por cada 61 hectáreas (Rivera, Anézquita, Bernal, & Rao, 2010). Esta baja eficiencia es más crítica en Meta, que concentra la mayor parte de la carga ganadera y de la transformación territorial. En Vichada, por su parte, la ganadería representa cerca del 50 % del PIB departamental, mostrando una fuerte dependencia económica de un sistema poco diversificado y con rezagos de infraestructura productiva (Gómez, 2018)

En conclusión, los impactos de la ganadería extensiva en el área de estudio se expresan como efectos acumulativos y sinérgicos. Meta, al aportar más del 70 % de la superficie estudiada, concentra las mayores transformaciones: degradación de suelos, pérdida de calidad y disponibilidad de agua superficial y subterránea, simplificación de ecosistemas y aumento de emisiones de GEI. Vichada, aunque con menor proporción del área, refleja los mismos procesos con un peso socioeconómico alto por la dependencia de la ganadería en su economía. Este conjunto de presiones configura un escenario continuo de degradación ambiental y social que compromete la sostenibilidad futura de la región.

### **Impactos generados por agricultura y agroindustria (Yuca, plátano, arroz, palma africana, hortalizas, maíz)**

En las cuencas de los ríos Muco, Guarrojo y Tillavá, la agricultura mecanizada y la agroindustria se han consolidado en las últimas décadas como motores de transformación del territorio, particularmente a través de cultivos de palma africana (*Elaeis guineensis*), arroz bajo riego (*Oryza sativa*), soya, maíz y plantaciones forestales de eucalipto y acacia. Según el (Instituto Humboldt, 2022), entre 2014 y 2020 se transformaron más de 545.000 hectáreas de sabanas naturales en la Orinoquia hacia estos usos productivos, con una alta concentración en Puerto Gaitán (Meta) y Cumaribo (Vichada). En Colombia, la palma de aceite se localiza principalmente en la Zona Oriental —que incluye Meta, Cundinamarca, Casanare y Caquetá— y concentra más del 30 % de la producción nacional (Ministerio de Agricultura, 2019). Esta conversión de coberturas ha implicado la pérdida de sabanas inundables, morichales y bosques de galería, reduciendo la conectividad ecológica y la capacidad de regulación hídrica.

El recurso hídrico es uno de los más afectados por la agricultura intensiva y la agroindustria. El (IDEAM, 2018) advierte que en la Orinoquia la agricultura es la principal fuente de contaminación difusa, con aportes de



nutrientes (nitrógeno y fósforo), plaguicidas y sedimentos, que generan procesos de eutrofización en ríos y caños. En el caso del arroz bajo riego, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD, 2021), documenta que este sistema productivo ejerce una fuerte presión sobre los caudales ecológicos, especialmente en periodos secos, comprometiendo la disponibilidad de agua para ecosistemas y comunidades. Por su parte, la agroindustria de palma africana produce efluentes del beneficio con elevadas cargas de materia orgánica, conocidas como POME (*Palm Oil Mill Effluent*); según (Fedepalma, 2021), una planta típica puede generar cerca de 0,8 m<sup>3</sup> de POME por tonelada de racimo fresco procesado. Cuando no recibe un tratamiento adecuado, este efluente aumenta la DBO y DQO de los cuerpos receptores, reduce el oxígeno disuelto y deteriora la calidad del agua para la biota acuática y para usos humanos.

Los efectos sobre la biodiversidad acuática también son notorios. (Ecopetrol S.A, 2019) reportó valores elevados del Índice de Contaminación por Trofia (ICOTRO), relacionados con altas concentraciones de fósforo, lo que evidencia procesos de eutrofización. Bajo estas condiciones proliferan macrófitas oportunistas como *Paspalum*, *Panicum* y perifiton, dominado por diatomeas tolerantes como *Navicula* y *Pinnularia* (Corporinoquia & Fundación Omacha, 2019), mientras que los macroinvertebrados bentónicos tienden a estar dominados por mosquitos de la familia Chironomidae, especies resistentes a bajos niveles de oxígeno y alta materia orgánica (Mosquera, Usma, & Trujillo, Estado de conservación de peces y ecosistemas dulceacuícolas en la Orinoquia colombiana, 2015) (Mosquera, Trujillo, Usma, & Ajiaco, 2016)). Estas alteraciones reducen la diversidad funcional y empobrecen la cadena trófica acuática.

En términos socioeconómicos, la agricultura y la agroindustria reproducen un modelo de uso extensivo en tierra y capital, pero con baja generación de empleo por hectárea. (Agrosavia, 2020) señala que en la altillanura un empleo directo se produce, en promedio, por cada 60 hectáreas de agricultura mecanizada, lo que limita los beneficios locales pese a la gran superficie transformada. Además, la expansión agroindustrial ha estado asociada con procesos de acumulación de tierras. Mongabay Latam reporta que colonias menonitas en Puerto Gaitán han adquirido más de 38 000 hectáreas para desarrollar cultivos mecanizados, provocando conflictos por el uso del territorio y afectaciones a comunidades indígenas Sikuani que reclaman su territorio ancestral (Mongabay, 2024)

En conclusión, la literatura científica muestra que la agricultura y la agroindustria en la Orinoquia generan impactos acumulativos sobre agua, suelos y biodiversidad; sin embargo, los resultados de la caracterización no reflejan plenamente ese deterioro. Esto puede deberse a que los impactos de estas actividades no se manifiestan de manera uniforme en todo el territorio, sino que dependen de la localización de los cultivos, la estacionalidad de las lluvias y la capacidad de regulación de ecosistemas como bosques, sabanas y humedales. Así, aunque los registros de oxígeno disuelto, DBO, pH y coliformes evidencian episodios críticos en algunas subzonas, no alcanzan a mostrar un patrón sostenido de degradación que corresponda con lo descrito en la literatura. Esto indica que los riesgos ambientales están presentes y documentados, pero su expresión en los resultados de monitoreo es más puntual y variable dentro del área de estudio.

se presentan algunos aspectos de relevancia identificados en la caracterización ambiental realizada por medio y componente para el presente reporte de análisis regional.

La revisión de los impactos registrados en los proyectos licenciados y de las actividades fuera de licencia permite identificar que las CEI más frecuentes en el área de estudio corresponden a: **alteración en la calidad del agua superficial y subterránea, alteración en la calidad del suelo, pérdida y fragmentación de cobertura vegetal, afectación a comunidades de fauna terrestre, alteración de ecosistemas y hábitats, y generación de conflictos socioambientales.** Estas categorías reflejan presiones comunes derivadas tanto de actividades formales bajo licencia como de usos productivos tradicionales, con efectos acumulativos y sinérgicos que incrementan la vulnerabilidad del territorio.



Adicional al análisis de los impactos potencialmente generados por proyectos actualmente licenciados por la ANLA y las actividades fuera de licencia de acuerdo con las CEI, a continuación, se presentan algunos aspectos de relevancia identificados en la caracterización ambiental realizada por medio y componente para el presente reporte de análisis regional.

Los resultados de la caracterización ambiental muestran que algunos de los impactos potenciales identificados a través de las CEI ya presentan señales claras en el territorio, mientras que otros no evidencian aún manifestaciones sostenidas. En el medio hídrico superficial, los monitoreos de calidad del agua no registran afectaciones persistentes ni un patrón de superaciones normativas; sin embargo, el IACAL clasifica varios tramos en categorías “alta” y “muy alta” durante la temporada seca. Este contraste refleja que, aunque las mediciones puntuales de calidad no muestran deterioro continuo, el índice integrador evidencia vulnerabilidad frente a condiciones de estiaje y a presiones difusas, no necesariamente asociadas a los caudales concesionados. En términos de cantidad, los caudales autorizados ( $\approx 600$  L/s) representan una fracción baja de la oferta disponible, por lo que la presión cuantitativa es moderada.

El análisis de nutrientes complementa esta visión: los nitratos ( $0,50$ – $0,81$  mg/L) y nitritos ( $0,01$ – $0,03$  mg/L) permanecen en rangos oligotróficos y muy por debajo de los límites normativos, lo que indica que la carga nitrogenada no constituye una presión crítica. En contraste, el fósforo total presenta concentraciones medias de  $0,06$ – $0,09$  mg/L, que ubican al sistema en condiciones eupolitróficas y cercanas a la politrofia, con frecuentes valores atípicos. Este comportamiento refleja aportes difusos e intermitentes asociados a escorrentía agrícola, prácticas de fertilización en agroindustria y descargas domésticas sin tratamiento, lo que coincide con los CEI de alteración en la calidad del agua superficial y de alteración en la disponibilidad del recurso hídrico. De este modo, aunque no se observa un proceso sostenido de eutrofización en toda la región, sí se identifican condiciones de riesgo asociadas al fósforo que confirman la materialización parcial de los impactos señalados en los CEI.

En el componente hídrico subterráneo, la información de permisos y captaciones indica un escenario de presión potencial sobre los acuíferos someros. Aunque los monitoreos de calidad no reflejan deterioro sostenido en los puntos evaluados, se advierten riesgos de abatimientos piezométricos y limitada recarga en sectores específicos, lo que coincide con la CEI de alteración del recurso subterráneo. A ello se suma un aspecto crítico señalado en la caracterización: el riesgo de sismicidad inducida por actividades de inyección en expedientes con permisos de reinyección de aguas de producción (LAM0019, LAM3340, LAM3678, LAM4795, LAM5124, LAV0033-00-2015 y LAV0037-00-2015), lo que resalta la necesidad de un seguimiento diferencial y preventivo de estas operaciones.

En el medio biótico, la caracterización evidencia una presión ecológica alta, coherente con las CEI reportadas. Se documenta pérdida progresiva de cobertura boscosa y fragmentación de hábitats críticos, explicadas tanto por la expansión agropecuaria y la ganadería extensiva —actividades fuera del licenciamiento de la ANLA— como por la localización de proyectos licenciados en zonas de importancia ecológica. Estos procesos han reducido la conectividad entre núcleos y corredores funcionales, reforzando la CEI de pérdida de cobertura vegetal y alteración de ecosistemas y hábitats. Asimismo, existe riesgo de aumento de atropellamiento de fauna terrestre —incluida *Myrmecophaga tridactyla*— en las vías de acceso asociadas a proyectos hidrocarbúferos, según lo señalado en la caracterización biótica, lo que confirma la materialización de la CEI de afectación a comunidades de fauna. No obstante, la caracterización reconoce limitaciones en la información sobre fauna e hidro biota debido a inconsistencias metodológicas entre expedientes, lo que restringe la evaluación integral de impactos.

En el componente atmosférico, los registros de calidad del aire evidencian que la mayor parte de los proyectos licenciados presentan una condición regional baja para material particulado PM<sub>10</sub> (85,1 % de los promedios



anuales), con valores medios en un 5,7 % y altos en un 9,2 %, concentrados principalmente en expedientes ubicados en el norte y centro del área de estudio (Domo Planas). Para PM2.5, los resultados se mantienen dentro de límites normativos, lo que en conjunto clasifica la criticidad regional como baja. Estos hallazgos sugieren que, si bien existen episodios puntuales de mayor concentración vinculados a operaciones específicas, no se evidencia aún una presión generalizada a escala regional. Lo anterior es consistente con las CEI relacionadas con la alteración en la calidad del aire, las cuales se registran en los expedientes, pero se expresan de forma localizada más que acumulativa.

En el medio socioeconómico, la caracterización documenta un escenario de alta conflictividad, con 85 denuncias ambientales en Puerto Gaitán y múltiples tensiones territoriales en Cumaribo, asociadas tanto a proyectos licenciados (LAM3547, LAM0019, LAM4795, LAM5995, entre otros) como a actividades fuera del licenciamiento, principalmente agroindustria menonita y ganadería extensiva. Estas dinámicas han generado presuntas afectaciones, las cuales son percibidas por las comunidades sobre agua superficial, suelos, prácticas culturales y territorios indígenas, además de conflictos por acumulación de tierras y presiones sobre comunidades campesinas y étnicas. En este contexto, se confirma la materialización de CEI vinculadas a la alteración de actividades económicas y a la generación de conflictos socioambientales, reflejando que las presiones derivadas de los proyectos formales y de las actividades productivas tradicionales se entrelazan y potencian en la región.

En conclusión, los impactos acumulativos identificados tanto en proyectos licenciados como en actividades productivas fuera de licencia se corresponden en gran medida con las CEI más frecuentes y se reflejan en los principales hallazgos de la caracterización ambiental. Al mismo tiempo, otros impactos potenciales no muestran aún evidencia clara en los registros de monitoreo, lo que señala expresiones puntuales más que generalizadas. Este panorama confirma un escenario de presión integral sobre los recursos hídricos, la biodiversidad y las comunidades locales, que requiere fortalecer la gestión ambiental regional bajo un enfoque articulado, preventivo y diferencial.

## B. IMPACTOS FUTUROS

### Cambio climático

De acuerdo con las proyecciones climáticas incluidas en el capítulo de **caracterización climática**, bajo el escenario SSP5 se prevén incrementos sostenidos de temperatura y alteraciones en los patrones de precipitación hacia los horizontes de 2040 y 2100. En el corto plazo (2040), la temperatura media anual presenta un aumento proyectado entre +1.5 y +2.0 °C, mientras que la precipitación muestra mayor variabilidad, con incrementos del 5–10 % en la temporada húmeda y reducciones en los meses secos. Para finales de siglo (2100), el calentamiento se intensifica hasta +3 a +5 °C, acompañado de aumentos pluviales del 20–30 % concentrados en eventos extremos, lo que configura un régimen climático más cálido y variable, caracterizado por estiajes prolongados y crecidas más intensas.

En cuanto al **componente hidro superficial**, los resultados detallados del modelo de cantidad y calidad en el apartado de la caracterización hidro superficial muestran una tendencia descendente del caudal medio (Qmed) de aproximadamente  $-14.8 \text{ m}^3/\text{s}$  por década, equivalente a una reducción del  $-3 \%$  por década respecto al periodo 2021–2030. El año más seco de la serie (2096) alcanza un Qmed de apenas  $319 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras que el más húmedo (2034) llega a  $549 \text{ m}^3/\text{s}$ , evidenciando una brecha cada vez mayor entre estiajes y picos de crecida. En los tributarios principales, el río Alto Vichada sigue la tendencia decreciente regional, mientras que los ríos Guarrojo y Muco presentan descensos de  $-3,4 \text{ m}^3/\text{s}$  por década. El Caño Rubiales, de relevancia en procesos de licenciamiento, pasa de  $7.7 \text{ m}^3/\text{s}$  en 2021–2030 a  $6.8 \text{ m}^3/\text{s}$  hacia 2100 ( $-11 \%$ ), y en estiaje (Q95) se observa una reducción del  $-23 \%$  (de  $0,229$  a  $0,177 \text{ m}^3/\text{s}$ ). En cuanto a calidad, el oxígeno disuelto desciende drásticamente, llegando a valores de  $0,6 \text{ mg/L}$  en 2051 frente al umbral normativo de  $4$



mg/L; en caudales mínimos baja de 4.0 a 1.7 mg/L. A ello se suman incrementos en conductividad y fósforo total, comprometiendo la autodepuración. En conjunto, el modelo proyecta menor disponibilidad hídrica, estiajes más severos y deterioro de la calidad del agua, lo que incrementa la presión sobre el recurso y demanda ajustes en la gestión.

En cuanto al **componente hidro subterráneo**, el escenario proyectado en el modelo de cambio climático dentro de la caracterización hidrogeológica muestra descensos significativos en los niveles piezométricos, alcanzando hasta 3,5 m en el sector nororiental de la cuenca, particularmente en la **capa 1**, que corresponde a las unidades acuíferas más someras y, por tanto, más vulnerables a las variaciones de recarga y a la reducción de la precipitación. En contraste, en las formaciones más profundas las variaciones se limitan al orden de centímetros, lo que confirma su mayor estabilidad frente al cambio climático. Al comparar escenarios, el CS2 evidencia los mayores abatimientos, coherentes con la mayor reducción de precipitación (-5.68 %), seguido por CS1 (-4.76 %) y CS3 (-3.89 %). Estos resultados reflejan que los acuíferos superficiales concentran la mayor sensibilidad y que el cambio climático incrementa de forma crítica el riesgo de reducción en la disponibilidad de agua subterránea durante periodos de estiaje prolongado.

En cuanto al **componente atmosférico**, el escenario proyectado en el modelo de cambio climático mostrado en la caracterización atmosférica evidencia que las variaciones en dispersión de contaminantes son mínimas ( $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) frente al escenario actual, lo que indica que no se anticipan alteraciones relevantes en transporte o concentración de contaminantes criterio. Los hallazgos muestran que la dispersión no sufrirá cambios significativos, mientras que los factores de mayor relevancia siguen siendo el calentamiento progresivo y la intensificación de la variabilidad pluvial.

En cuanto al **medio biótico**, los resultados de la modelación evidencian que el cambio climático, sumado a la presión antrópica por proyectos hidrocarbúferos, genera impactos significativos en la distribución y persistencia de especies clave como *Myrmecophaga tridactyla* y *Sapajus apella*. Bajo el escenario SSP5 a 2063, ambas especies evidencian una reconfiguración de su rango de distribución potencial: se proyecta pérdida en amplios sectores y persistencia de áreas refugio hacia el centro-oriente, lo que implica una pérdida neta de hábitat (contracción predominante), coherente con su sensibilidad a la variabilidad de precipitación y temperatura. A ello se suma la pérdida de conectividad funcional: en el caso del oso hormiguero, la fragmentación y las vías de acceso incrementan el riesgo de atropellamiento y aislamiento poblacional, mientras que para el mono capuchino la reducción de bosques continuos y la presión sonora comprometen su territorialidad y dinámica social. Estos procesos se ven agravados por la deforestación progresiva registrada entre 2001 y 2023, con pérdidas superiores a 2.500 ha en los años críticos (2017 y 2021) y con focos concentrados en áreas de influencia de licencias tipo línea (LAM2965 y LAM3293) y polígono (LAV0021-00-2023, LAV0017-00-2017, LAV0009-00-2014). En conjunto, si se mantienen las tendencias actuales de deforestación y presión antrópica, el escenario biótico proyecta una reducción del hábitat disponible, mayor fragmentación del paisaje y pérdida de servicios ecosistémicos asociados a la cobertura forestal, lo que incrementa la vulnerabilidad de la fauna local y resalta la necesidad de medidas diferenciadas de adaptación y conservación, especialmente en zonas núcleo y corredores de conectividad.

De acuerdo con los resultados analizados en los diferentes medios y componentes, el comportamiento proyectado bajo escenarios de cambio climático puede traducirse, conforme a la Categorización Estandarizada de Impactos (CEI) de la ANLA, en una serie de afectaciones ambientales significativas. En el componente hidro-superficial, los descensos progresivos del caudal medio y los estiajes más severos se reflejan en la **alteración de la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico superficial** y en la **alteración de la calidad del agua superficial**, dadas las reducciones críticas en oxígeno disuelto y el aumento en la concentración de nutrientes y sales. En el componente hidro-subterráneo, los abatimientos de hasta 3,5 m en



acuíferos someros se traducen en la **alteración de la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo**, comprometiendo su capacidad de regulación en periodos secos. En el componente atmosférico, aunque las variaciones en dispersión de contaminantes son mínimas, el incremento sostenido de temperatura y la intensificación de la variabilidad pluvial corresponden a la **alteración de las variables meteorológicas, propiedades físicas del aire y/o parámetros superficiales**. Finalmente, En el medio biótico, se evidencia disminución de la superficie con idoneidad alta y muy alta para *Myrmecophaga tridactyla* y *Sapajus apella*, con incremento de áreas de idoneidad baja. Este patrón, junto con los procesos de deforestación, se traduce en la **pérdida de hábitat y alteración de la conectividad ecológica del paisaje**, así como en la **afectación a especies de fauna de importancia ecológica y/o de conservación**.

En conjunto, estos hallazgos muestran que el cambio climático no solo representa un desafío transversal para los sistemas naturales y sociales, sino que, bajo la CEI, se manifiesta en impactos acumulativos y sinérgicos que demandan medidas urgentes de mitigación y adaptación, con énfasis en la conservación de coberturas naturales, la gestión integral del recurso hídrico y el fortalecimiento de la resiliencia ecosistémica

### Prospectivas Sectoriales

En el marco de las **prospectivas sectoriales** se consideran tres grandes sectores: hidrocarburos, minería y los proyectos energéticos identificados por la UPME. Sin embargo, para el área de estudio únicamente se registran prospectivas asociadas a los sectores de hidrocarburos (ANH) y minería (ANM), mientras que no se evidencian desarrollos proyectados por parte de la UPME. En consecuencia, el análisis de impactos futuros se centra exclusivamente en estos dos sectores extractivos, dado su potencial de generar presiones significativas sobre los medios y componentes en el territorio.

#### **Hidrocarburos (prospectivas ANH)**

En el área de estudio se identificó un polígono disponible para el desarrollo futuro de actividades de hidrocarburos. A nivel nacional, este sector genera impactos sobre 18 componentes ambientales, con mayor recurrencia en el político-organizativo (2224 impactos), hidrológico (2008), cultural (1490), edáfico (1479), económico (1444) y atmosférico (1353), lo que refleja su carácter transversal sobre los medios físico, biótico y social.

En términos de Categorías Estandarizadas de Impacto (CEI), los hidrocarburos registran afectaciones en 32 de las 36 categorías, con predominio de:

- **Conflictos socioambientales:** 1.045 impactos en exploración y 971 en explotación. Definidos como *situaciones de tensión o disputa entre actores sociales derivadas de los efectos ambientales o de su percepción*.
- **Alteración de la calidad del suelo:** 787 impactos en exploración y 489 en explotación. Se entiende como *cambios físicos, químicos o biológicos que reducen su capacidad de soporte o productividad*.
- **Alteración de la calidad del recurso hídrico superficial continental:** 740 impactos en exploración y 459 en explotación. Corresponde a *variaciones en parámetros físicos, químicos o biológicos que reducen la aptitud del agua o afectan a la biota acuática*.
- **Alteración de la estructura ecológica del paisaje:** 526 impactos en exploración y 263 en explotación. Definida como *procesos de fragmentación o pérdida de conectividad ecosistémica que comprometen funciones ecológicas clave*.



En la fase de transporte y conducción, los impactos más representativos corresponden a los conflictos socioambientales (149), la degradación del suelo (141), la alteración de la calidad del agua (130), la pérdida de integridad del paisaje (96) y la afectación de la percepción visual (67). En conjunto, estas cifras evidencian que la expansión del sector en el área de estudio reproduciría los impactos críticos observados a nivel nacional, intensificando las presiones sobre agua, suelo, paisaje y tejido social en un territorio ya tensionado por la agricultura, la agroindustria y la ganadería extensiva.

### **Minería (prospectivas ANM)**

En la prospectiva minera se identificaron siete polígonos en evaluación dentro del área de estudio, asociados al subsector de explotación de materiales de construcción (arenas, recebo, gravas, piedras y arcillas). A escala nacional, el sector minero genera impactos en 30 de las 36 categorías CEI, concentrándose en los componentes hidrológico (96), atmosférico (67), edáfico (67), cultural (59), de cobertura (46) y político-administrativo (37).

Las categorías de impacto más relevantes para los materiales de construcción corresponden a:

- **Alteración en la concentración de contaminantes criterio y sustancias tóxicas en el aire:** 25 impactos. Definida como *incremento de partículas o gases en la atmósfera que afectan la salud humana y ambiental.*
- **Alteración de la calidad del suelo:** 24 impactos. Referida a *procesos de degradación física, química o biológica que disminuyen la capacidad productiva del terreno.*
- **Alteración en la percepción visual del paisaje:** 18 impactos. Corresponde a *cambios negativos en la apreciación escénica o estética del entorno.*
- **Generación o alteración de conflictos socioambientales:** 17 impactos.
- **Alteración hidro geomorfológica de la dinámica fluvial y del régimen sedimentológico:** 16 impactos. Definida como *modificaciones en la morfología y dinámica de los ríos que alteran la conectividad y disponibilidad hídrica.*
- **Afectación a comunidades de fauna terrestre (10) y a ecosistemas y hábitats terrestres (8):** asociadas a *pérdida de hábitat, desplazamiento de especies y fragmentación ecosistémica.*

Estos resultados muestran que, incluso en actividades de baja escala relativa como los materiales de construcción, la minería prospectada en la región tiene un potencial de afectación transversal, con énfasis en la calidad del aire, el agua, el suelo y el paisaje, ampliando las presiones ambientales y sociales que ya se manifiestan en el área de estudio.

## **C. MODELO DE SISTEMA COMPLEJOS (MSC)**

De forma complementaria, y con el propósito de disminuir la incertidumbre en la identificación de impactos acumulativos dentro del área definida para el análisis regional, se desarrolló un ejercicio de Modelación de Sistemas Complejos (MSC). Esta herramienta se fundamenta en el estudio de las relaciones de causalidad y facilita la priorización de los impactos ambientales en función de su capacidad de interacción con otros impactos (de carácter secundario, terciario, entre otros) y del número de conexiones establecidas entre un elemento evaluado (ya sea un proyecto o un impacto específico) y el conjunto de elementos considerados. El ejercicio se estructuró en diferentes etapas, siguiendo la metodología propuesta por Martínez, 2013:

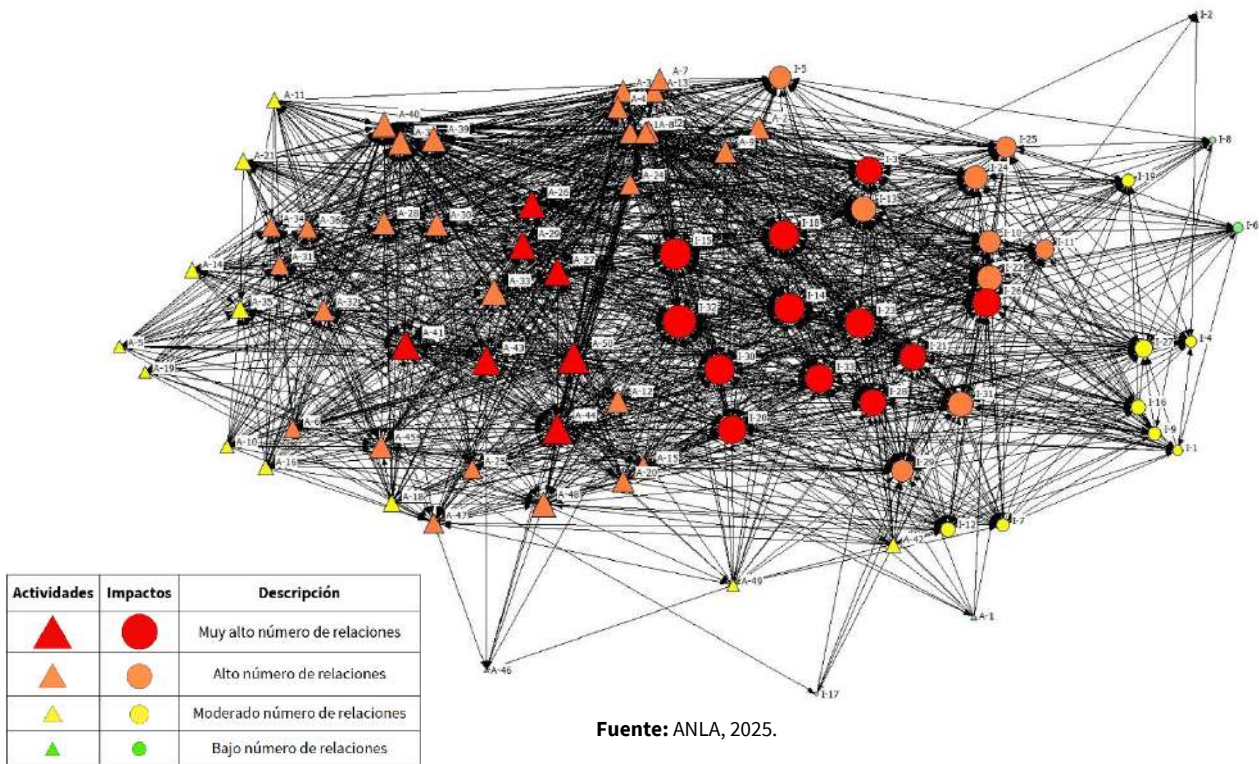
- I. Identificación de los proyectos con potencial de impacto (presentes y futuros), así como de estresores externos al proceso de licenciamiento ambiental, incluyendo actividades socioeconómicas propias de la región analizada y factores relacionados con el cambio climático.
- II. Identificación de los impactos potenciales con base en el instrumento de Jerarquización de Impactos de la ANLA, que categoriza los impactos ambientales (CEI). La matriz de adyacencia elaborada se puede encontrar en el archivo anexo Anexo\_MatrizImpactos.xlsx



- III. Priorización de los impactos ambientales en función de su capacidad de interacción con otros impactos y del número de relaciones de causalidad establecidas entre los distintos elementos considerados en el análisis, tales como proyectos licenciados por la ANLA, perspectivas sectoriales, actividades socioeconómicas propias de la región y el cambio climático.

Con la finalidad de facilitar el análisis derivado de la Modelación de Sistemas Complejos (MSC), se empleó el software UCINET 6.0, herramienta que permite representar gráficamente y examinar las redes construidas a partir de las relaciones de causalidad identificadas en el área de estudio. El análisis comprendió tanto la evaluación convencional de actividad-impacto potencial como el análisis impacto-impacto. En la figura siguiente se presentan los resultados obtenidos, donde se diferencian los proyectos (actuales y futuros), las actividades socioeconómicas externas al licenciamiento ambiental y los impactos potenciales mediante la forma de los nodos: triángulos para los proyectos y actividades, y círculos para los impactos. Asimismo, el diagrama refleja la priorización de impactos a través del color y el tamaño de los nodos, utilizando una escala cromática de verde a rojo, en la cual el verde corresponde a un menor número de interacciones entre elementos y el rojo a una mayor densidad de relaciones.

**Figura 104.** Diagrama de relaciones de causalidad – Modelación de Sistemas Complejos



Fuente: ANLA, 2025.

El diagrama de causalidad construido evidencia un entramado denso de interrelaciones entre los diferentes impactos ambientales potenciales identificados en el área de análisis regional. En él se observa una alta conectividad entre nodos representados por triángulos y círculos, donde los primeros corresponden a proyectos o actividades socioeconómicas y los segundos a impactos ambientales. La escala cromática empleada (que transita del verde al rojo) permite diferenciar la magnitud e intensidad de las relaciones de causalidad, de modo que los nodos en color rojo representan los impactos con mayor número de conexiones y, por tanto, una influencia más significativa dentro del sistema ambiental evaluado.



El predominio de nodos de color rojo y naranja en la zona central del diagrama sugiere la existencia de impactos que actúan como puntos de convergencia y propagación de efectos acumulativos. Entre ellos destacan la alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental (I-15), la generación o alteración de conflictos socioambientales (I-23), la alteración a ecosistemas y hábitats terrestres, (I-30), la alteración a comunidades de fauna terrestre (I-32). Estos impactos presentan una alta densidad de relaciones con otras variables, lo que refleja su papel articulador en la transmisión de efectos ambientales y sociales derivados de múltiples fuentes, incluyendo proyectos actuales y futuros, actividades productivas externas al licenciamiento y estresores vinculados al cambio climático.

La disposición de los nodos rojos en el centro del grafo indica que estos impactos no se comportan de forma aislada, sino como componentes estructurales de una red interdependiente. Esto implica que los efectos que los originan o amplifican tienden a retroalimentarse, generando una dinámica compleja de acumulación e intensificación progresiva de impactos. Por ejemplo, la alteración a ecosistemas y hábitats terrestres comunidades de fauna terrestre refleja la pérdida de conectividad ecológica, fenómeno que incide de forma directa en la estabilidad de los ecosistemas y en la provisión de servicios ambientales esenciales.

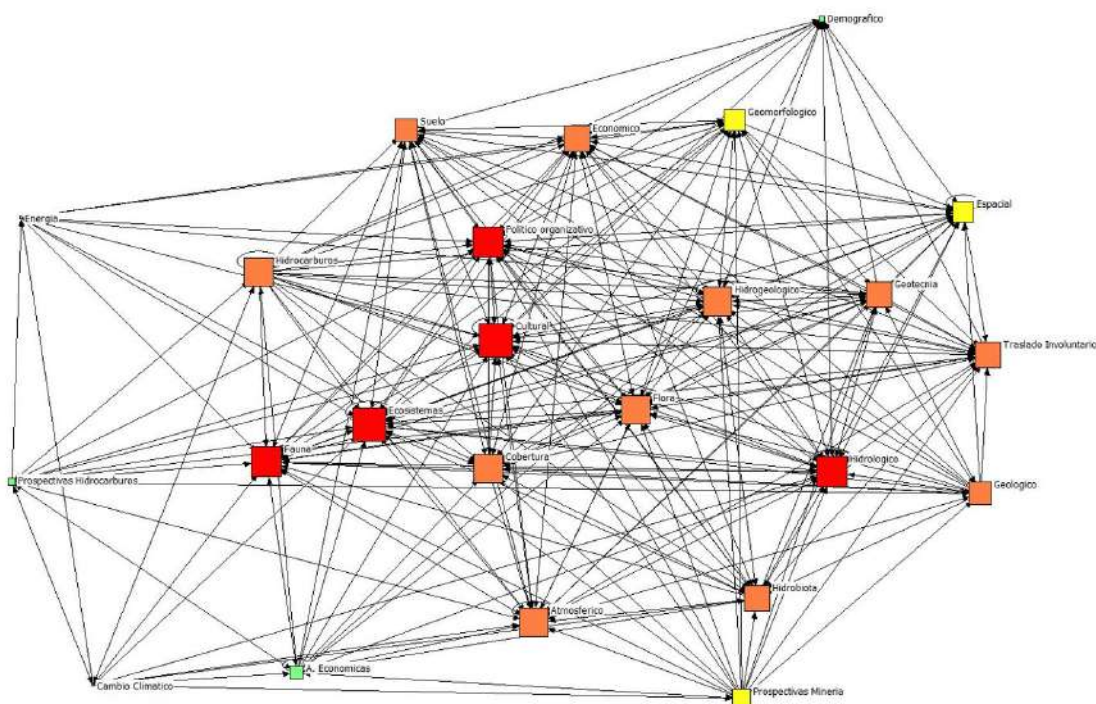
En contraste, los nodos de color verde y amarillo se ubican en la periferia del grafo, representando impactos de menor conectividad y propagación limitada. Estos corresponden a afectaciones localizadas, como la generación de olores ofensivos, las vibraciones o las alteraciones puntuales en los niveles de presión sonora o radiación, cuya influencia resulta más restringida tanto en el espacio como en el tiempo. Su papel dentro de la red es marginal frente a los nodos de alta centralidad, lo que confirma su baja incidencia en los procesos acumulativos a escala regional.

El patrón de relaciones observado en el diagrama guarda coherencia con los Componentes Ambientales de Valor (VEC) definidos para el área de estudio. El impacto relacionado con la generación o alteración de conflictos socioambientales se asocia directamente al VEC1, correspondiente al acceso y gobernanza de los recursos naturales, aquellos vinculados con la alteración a ecosistemas y hábitats terrestres y la alteración a comunidades de fauna terrestre se relacionan con el VEC 2, referente a los ecosistemas terrestres y la conectividad ecológica. Esta convergencia refuerza la interpretación de que los procesos acumulativos más relevantes se manifiestan sobre los componentes estructurales del territorio, tanto biofísicos como sociales, que sostienen su funcionalidad ecológica y productiva.

En síntesis, la gráfica de causalidad evidencia un sistema ambiental de alta complejidad e interdependencia, en el que unos pocos impactos concentran la mayor parte de las relaciones de causa y efecto, actuando como nodos críticos dentro de la red. Su identificación permite orientar los esfuerzos de gestión hacia la mitigación de los procesos que los originan y hacia la implementación de estrategias que reduzcan la propagación de efectos acumulativos en el territorio. El análisis confirma la necesidad de abordar la planificación ambiental con una visión sistémica e integradora, considerando las interrelaciones entre los distintos componentes del ambiente y la sociedad como elementos clave para la sostenibilidad regional.

En línea con lo descrito, y como se ilustra en el siguiente diagrama de redes, el análisis de la red de causalidad evidencia que los componentes ecosistemas, hidrológico, fauna, cultural y político-organizativo presentan el mayor número de relaciones de causalidad dentro del sistema ambiental regional, configurándose como los elementos más expuestos a presiones acumulativas derivadas de las múltiples actividades y proyectos que concurren en el territorio. Estos componentes actúan como nodos articuladores dentro del sistema, al concentrar las interacciones provenientes tanto de los medios biofísicos (como el suelo, la cobertura, la geotecnia o la hidrogeología), como de los factores antrópicos asociados a la dinámica económica, la planificación territorial y el cambio climático.

Figura 104. Diagrama de relaciones de causalidad por atributos ambientales y sectores económicos



Fuente: ANLA, 2025.

El componente ecosistemas sobresale como uno de los elementos más sensibles y estructurales del sistema, al integrar efectos provenientes de distintos orígenes (hidrológico, atmosférico, edáfico y biológico). Su elevada conectividad indica que cualquier alteración sobre las condiciones del suelo, la cobertura vegetal o la calidad del agua tiende a reflejarse en una pérdida de funcionalidad ecológica y en una reducción de la capacidad de los ecosistemas para sostener la biodiversidad y los servicios ambientales. En consecuencia, este componente representa un eje crítico para la estabilidad ambiental del territorio y un punto clave para la gestión integral de impactos acumulativos.

El componente fauna también ocupa una posición relevante en la red, evidenciando una fuerte vinculación con los componentes ecosistémico, de cobertura y de flora. Esto sugiere que los procesos de fragmentación del hábitat, la pérdida de conectividad ecológica y las alteraciones en la estructura del paisaje constituyen presiones directas sobre las poblaciones de fauna silvestre. Su alta conectividad implica que los efectos sobre este componente no son aislados, sino que se propagan a través de la red ecológica, comprometiendo la res

Asimismo, el componente cultural aparece como un nodo de elevada interacción, lo que refleja la estrecha relación entre las condiciones ambientales y las dinámicas sociales del territorio. Las transformaciones en los ecosistemas, la disponibilidad de recursos naturales y los cambios en la productividad regional se traducen en modificaciones sobre las prácticas culturales, las percepciones del entorno y la calidad de vida de las comunidades locales. Este resultado evidencia que los impactos acumulativos no solo afectan las dimensiones biofísicas, sino también los valores simbólicos y el tejido social del territorio.

Finalmente, el componente político-organizativo se consolida como un elemento clave dentro del entramado causal, debido a su papel transversal en la regulación, planificación y gobernanza ambiental. Su alta interrelación con otros medios sugiere que las decisiones institucionales, la capacidad de control y la coordinación intersectorial tienen un efecto directo sobre la magnitud y persistencia de los impactos acumulativos. La presencia de este componente en el núcleo de la red reafirma la importancia de fortalecer los



instrumentos de gestión ambiental regional, orientados hacia la prevención, mitigación y articulación de políticas públicas que integren los distintos niveles de presión identificados.

En conjunto, la estructura de la red confirma que los impactos acumulativos tienden a concentrarse sobre componentes estratégicos del sistema ambiental (particularmente los ecosistemas y la biodiversidad, así como los servicios que brindan), cuyas alteraciones repercuten de manera transversal sobre los aspectos sociales, económicos y culturales del territorio. Este comportamiento refuerza la necesidad de adoptar enfoques de gestión integrados y preventivos, que prioricen los componentes de mayor conectividad y aseguren la estabilidad ecológica y funcional del sistema regional.



## **XIX. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE AMBIENTAL DE VALOR (VEC) Y DEFINICIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS**

Con base en la adaptación de metodologías revisadas y en los ejercicios desarrollados por el Grupo de Regionalización y el Centro de Monitoreo, se proponen los siguientes pasos para llevar a cabo la Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos (EGIA) en una región o zona geográfica, en el marco de los análisis regionales realizados por la ANLA:

1. Selección del VEC
2. Determinación de los límites espaciales del VEC
3. Descripción de las condiciones de base del VEC.
4. Selección de proyectos e identificación de actividades y estresores externos.
5. Identificación de impactos acumulativos
6. Evaluación y determinación de significancia de los impactos acumulativos sobre cada VEC
7. Definición de las medidas de gestión y mitigación de los impactos acumulativos sobre cada VEC

A continuación, se detalla la metodología implementada para la Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos (EGIA) en el área delimitada para el desarrollo del presente Reporte de Análisis Regional (ver Figura 111).

**Figura 111.** Metodología de identificación y gestión de impactos acumulativos (EGIA).



Fuente: ANLA, 2024, a partir de (BID Invest, 2023).

### **A. ACTIVIDAD 1 SELECCIÓN DEL VEC**

La selección de los Componentes Ambientales de Valor (VEC) constituye una de las etapas más relevantes dentro del proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos, ya que permite identificar aquellos componentes ambientales y sociales considerados estratégicos por los diferentes actores con influencia en un territorio determinado. En este contexto, resulta fundamental reconocer los impactos potenciales generados de manera conjunta por los proyectos, obras o actividades presentes en el área de análisis regional, tanto los existentes como aquellos razonablemente previsibles o en fase prospectiva, así como los factores de alteración asociados al cambio climático.



Para llevar a cabo la identificación de los VEC presentes en el área de estudio, y en adición a lo evidenciado en el análisis de integralidad, se aplicó una metodología basada en una matriz de ponderación diseñada para establecer relaciones causa–efecto (actividades e impactos potenciales) con capacidad de generar impactos incrementales o acumulativos de primer orden sobre diversos atributos ambientales y sociales identificados en la zona de interés. La metodología también incorporó el nivel estimado de afectación (bajo, medio o alto) de dichas actividades o proyectos sobre los atributos evaluados, así como criterios espaciales relacionados con su localización. Esta matriz, incluida como anexo en el presente documento, fue desarrollada a partir de la adaptación de la metodología de diagramas de redes propuesta por el Banco Interamericano de Desarrollo en su “Guía Práctica para la Evaluación de Impactos Acumulativos en América Latina y el Caribe” (BID Invest, 2023).

Como resultado de la implementación de esta metodología, complementada con los aspectos relevantes evidenciados a partir de la caracterización regional y el criterio técnico del panel de expertos del Grupo de Regionalización y del Centro de Monitoreo, se definieron como VEC para el área de estudio: VEC 1: acceso y gobernanza de los recursos naturales y VEC 2: ecosistemas terrestres y conectividad ecológica. Estos resultados se presentan en la Tabla 54.



**Tabla 54.** Matriz de relaciones causa-efecto para la selección de los VEC.

COMPONENTES AMBIENTALES	PROYECTOS POR SECTOR Y SUBSECTOR																											VALORACIÓN FINAL																		
	PRESENTES																					FUTUROS																								
	Hidrocarburos									Energía			Actividades fuera de licenciamiento									ANH		ANM		Estresores externos																				
	Exploración			Explotación			Transporte y conducción			Subestación y línea			Ganadería extensiva			Pesca artesanal			Caza			Tala			Agricultura <small>Yuca, plátano, arroz, palma africana, hortalizas, maíz</small>						Agroindustria menonita			Cultivos ilícitos			Polígonos		Polígonos		Cambio climático					
	25			12			3			1																					1		7													
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Total	Total	Total	FINAL
Fauna terrestre y conectividad ecológica			1			1		1						1		1	1				1																	1	2	4	8	5,1				
Fauna voladora (aves y murciélagos)		1			1		1							1		1	1				1																	1	4	4	6	4,8				
Acceso a recurso Naturales (Derechos de uso, control y calidad del recurso)		1				1	1			1				1			1				1									1							1	3	9	2	4,7					
Poblaciones locales (indígenas, campesinas y mestizas)		1				1	1			1				1			1				1									1						1	4	8	2	4,6						
Economía local y modos de vida		1				1	1			1				1			1				1								1							1	4	9	1	4,55						
Hidrobiota (Peces, Plancton, macroinvertebrados y macrofitas)		1				1	1			1				1			1				1									1						1	2	7	4	4,55						
Coberturas vegetales naturales y seminaturales			1			1	1					1				1					1									1						1	1	4	7	4,45						
Humedales			1			1	1			1				1			1				1									1						1	3	2	7	4,25						
Patrimonio histórico y cultural			1			1	1			1				1			1				1									1						1	7	6	1	4,25						
Cambios demográficos (Movilidad poblacional)	1					1	1			1				1			1				1									1						1	7	6	1	4,25						
Ruido ambiental			1			1	1			1				1			1				1									1						1	3	5	4	4,1						
Cantidad de agua superficial			1			1	1			1				1			1				1									1						1	1	4	6	4,05						
Calidad del aire		1				1	1			1				1			1				1									1						1	3	6	3	4,05						
Participación y gobernanza ambiental	1					1	1			1				1			1				1									1						1	10	4	0	3,9						
Cantidad de agua subterránea		1				1	1			1				1			1				1									1						1	1	5	4	3,6						
Calidad del agua superficial	1					1	1			1				1			1				1									1						1	3	4	3	3,35						
Calidad del agua subterránea	1					1	1			1				1			1				1									1						1	4	2	4	3,3						
Zonas de recarga hídrica	1					1	1			1				1			1				1									1						1	4	2	4	3,3						

Fuente: ANLA (2025)

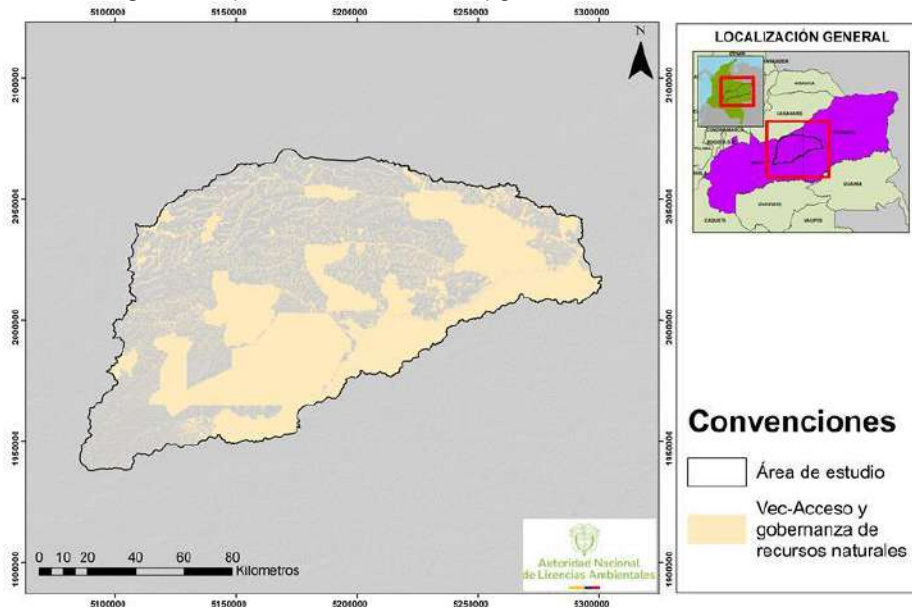


## B. ACTIVIDAD 2. DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES ESPACIALES DEL VEC

### VEC 1 - Acceso y gobernanza de los recursos naturales

La Espacialización del VEC *acceso y gobernanza de los recursos naturales* integra información cartográfica en tres dimensiones complementarias. En el *plano territorial*, se incluyen las coberturas y usos del suelo reportados por el IDEAM (CORINE Land Cover adaptado a Colombia), que permiten ubicar de manera general las áreas agropecuarias y zonas de aprovechamiento forestal, junto con la red hidrográfica y las rondas hídricas del IGAC e IDEAM, fundamentales para la pesca y la movilidad fluvial en los ríos Muco y Guarrojo, además de caños y lagunas. A ello se suman las áreas de cacería y recolección, inferidas a partir de coberturas de bosque. En la *dimensión comunitaria*, la espacialización se apoya en la localización de comunidades y asentamientos rurales (DANE), la delimitación de resguardos indígenas (Ministerio del Interior e IGAC). Finalmente, la *dimensión institucional* articula los límites de resguardos (IGAC, MinInterior, ANT). Adicionalmente, incorpora las áreas de influencia de expedientes de seguimiento y evaluación relacionados con proyectos hidrocarburíferos (LAM0019, LAM4795, LAV0041-13, LAM5995 y LAV0021-00-2023), que han registrado reclamaciones por presuntas afectaciones a recursos hídricos, suelos, ecosistemas y medios de vida comunitarios. Esta integración permite representar los espacios donde confluyen los usos tradicionales, las dinámicas comunitarias y los marcos institucionales que definen el acceso y la gobernanza de los recursos naturales en la región.<sup>8</sup>

Figura 112 Espacialización VEC 1 - Acceso y gobernanza de los recursos naturales



Fuente: ANLA, 2025.

### VEC 2 - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

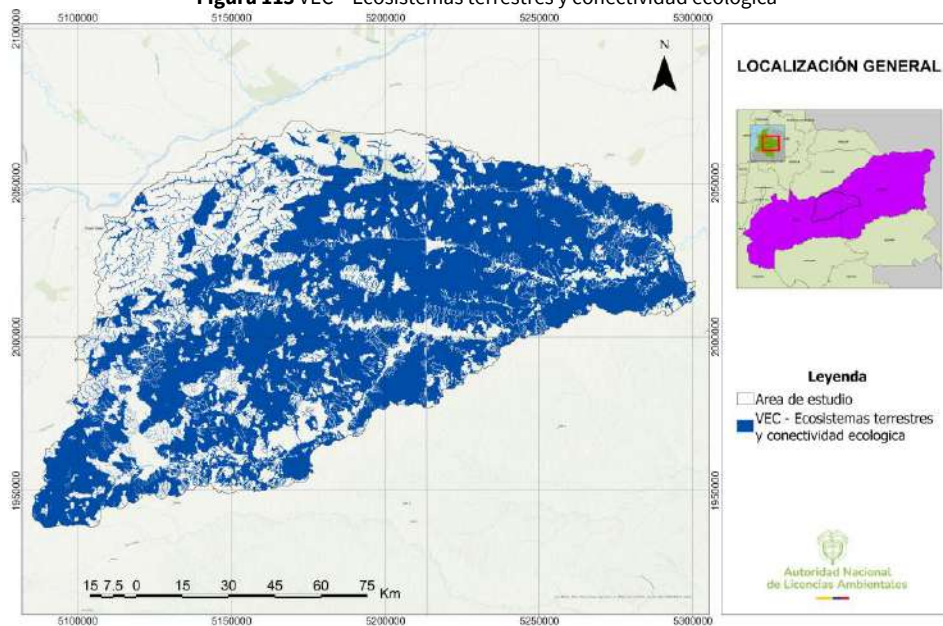
Los límites espaciales de este VEC se definieron a partir de las modelaciones de conectividad realizadas para el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), categorizado como Vulnerable (VU) y para el mono

<sup>8</sup> La espacialización del VEC *Acceso y gobernanza de los recursos naturales* se realizó exclusivamente con información secundaria disponible en plataformas oficiales (IDEAM, IGAC, DANE, MinInterior, SINAP, entre otras). Los resultados tienen un carácter referencial y orientador, sin constituir un levantamiento de información primaria ni validación en territorio. En consecuencia, su interpretación debe considerar que la delimitación presentada es aproximada y requiere ser complementada con procesos de verificación local y participación comunitaria.



capuchino (*Sapajus apella*). En particular dichos límites son definidos a partir de las áreas catalogadas como núcleo y núcleo – corredor, pues cumplen un papel fundamental en la conservación de las especies, ya que representan hábitats de alta calidad y contienen corredores que favorecen la conectividad entre ellas. Esta conectividad resulta esencial para mantener las poblaciones saludables, ya que permite el flujo genético, reduce el aislamiento y permite la dispersión de los individuos hacia nuevos hábitats. No obstante, la integridad de estos corredores puede verse afectada por presiones asociadas a la operación de proyectos, entre ellas la acumulación de ruido proveniente de diferentes fuentes, que puede alterar los patrones de comportamiento, comunicación y desplazamiento de la fauna, interfiriendo con los procesos de conectividad funcional. Para el caso de *Myrmecophaga tridactyla*, esta especie se asocia principalmente a sabana y bosques, donde desempeña un papel ecológico relevante en el control de poblaciones de insectos como hormigas y termitas. Sin embargo, debido a su baja densidad poblacional y a la pérdida de hábitat, resulta especialmente sensible a los procesos de fragmentación y transformación del paisaje. Por su parte, *Sapajus apella* utiliza diferentes tipos de cobertura incluidos, bosques primarios y secundarios, cumpliendo un rol fundamental en la dispersión de semillas. No obstante, es un primate que se enfrenta a presiones significativas derivadas de la deforestación y la cacería.

Figura 113 VEC – Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica



Fuente: ANLA, 2025.

### C. ACTIVIDAD 3. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES BASE DEL VEC

#### VEC 1 - Acceso y gobernanza de los recursos naturales

El área regionalizada del Alto Vichada (Puerto Gaitán y Cumaribo) presenta una fuerte dependencia de los recursos naturales para la subsistencia, los medios de vida y la reproducción cultural de comunidades indígenas y campesinas. La gobernanza territorial se configura a partir de resguardos, cabildos, asociaciones y juntas de acción comunal, que cumplen un rol central en el acceso y control de la tierra, el agua y los ecosistemas, aunque con limitaciones en su capacidad de incidencia y articulación interinstitucional. La base económica combina actividades extractivas (hidrocarburos y agroindustria), agropecuarias (ganadería extensiva, cultivos de pancoger) y tradicionales (chagras, pesca artesanal, caza y recolección), evidenciando una alta presión sobre sabanas, bosques de galería y fuentes hídricas. Esta dependencia directa del territorio vincula el acceso a recursos con la garantía de derechos colectivos, la seguridad alimentaria y la autonomía cultural. En materia de condiciones de vida, persisten brechas críticas en servicios básicos, salud, educación y conectividad, especialmente en zonas rurales e indígenas, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a dinámicas extractivas y limita el ejercicio pleno de derechos.



La conflictividad socioambiental constituye un rasgo estructural: en Puerto Gaitán destacan tensiones por expansión agroindustrial (menonita, palma), ganadería extensiva, actividad hidrocarburífera y acceso al agua; en Cumaribo, los principales focos se relacionan con concentración de la tierra, expansión ganadera, presencia de actores armados y disputas interétnicas por la tenencia y delimitación de territorios.

En este contexto, el VEC se caracteriza por:

- Alta dependencia de los ecosistemas para medios de vida y cultura.
- Gobernanza territorial basada en estructuras étnicas y comunitarias con incidencia limitada.
- Brechas estructurales en acceso a servicios y derechos básicos.
- Conflictos activos por tierra, agua y superposición de proyectos extractivos.

#### VEC 2 - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

La condición actual del VEC “Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica” en el área regionalizada del Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco, está determinada por la interacción funcional de coberturas como vegetación herbácea y arbustiva (arbustales, vegetación secundaria y herbazales), bosques de galería asociados a relictos de bosque denso, pastos limpios, áreas agrícolas heterogéneas y cultivos transitorios y permanentes. Sin embargo, la transformación de estas coberturas por actividades de explotación, infraestructura asociada y aprovechamiento forestal ha generado una modificación del paisaje que compromete la integridad de los ecosistemas. A esto se le suma el ruido generado por las actividades en fase de operación el cual puede afectar la fauna silvestre al alterar sus patrones de comportamiento, comunicación y desplazamiento, especialmente de especies sensibles al componente acústico. Como consecuencia, especies sensibles a la fragmentación y pérdida de hábitat, como el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), y otras altamente presionadas por la deforestación y la cacería, como el mono capuchino (*Sapajus apella*), se ven directamente afectadas por esta transformación. Por otro lado, algunos proyectos tipo línea destacan por tener mayor pérdida acumuladas como los identificados bajo las licencias LAM2965 y LAM3293, los cuales coinciden con los años de mayor deforestación total regional. Por otro lado, con relación a los proyectos tipo polígono, los de mayor impacto corresponden a las licencias LAV0021-00-2023, LAV0017-00-2017 y LAV0009-00-2014, cuyas áreas de influencia presentan pérdidas recurrentes de cobertura arbórea.

## D. ACTIVIDAD 4. SELECCIÓN DE PROYECTOS E IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES Y ESTRESORES EXTERNOS

En este apartado se sintetizan los 41 proyectos vigentes en el área de estudio y su superposición con los VEC definidos para el análisis:

- VEC 1. Acceso y gobernanza de los recursos naturales
- VEC 2. Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

De los 41 proyectos, 41 se solapan con “Acceso y gobernanza de recursos naturales” y 40 con “Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica”

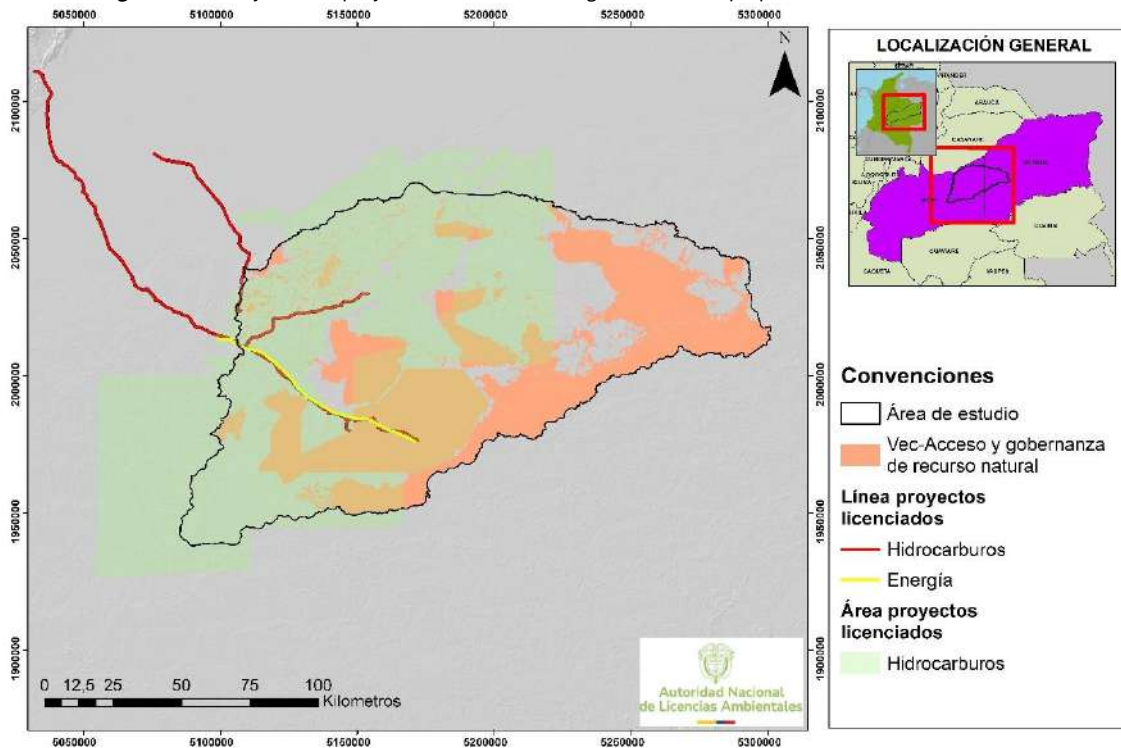
**Tabla 55** Matriz de superposición de proyectos licenciados por la ANLA con componentes ambientales de valor (VEC)

EXPEDIENTE	VEC1	VEC 2
	Acceso y gobernanza de los recursos naturales	Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica
LAM0019	X	x
LAM3340	X	x
LAM3524	X	x
LAM3547	X	x
LAM3605	X	x

EXPEDIENTE	VEC1		VEC 2	
	Acceso y gobernanza de los recursos naturales		Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica	
LAM3678	X		X	
LAM3969	X		X	
LAM4008	X		X	
LAM4503	X		X	
LAM4649	X		X	
LAM4973	X		X	
LAM5023	X		X	
LAM5088	X		X	
LAM5089	x		X	
LAM5124	x		X	
LAM5170	x		X	
LAM5172	x		X	
LAM5175	x		X	
LAM5225			X	
LAM5281	x		X	
LAM5297	x		X	
LAM5475	x		X	
LAV0006-12	x		X	
LAV0084-13	x		X	
LAV0090-00-2014	x		X	
LAM2997	x		X	
LAM3338	x		X	
LAM4221	x		X	
LAM4795	x		X	
LAM5506	x		X	
LAM5995	x		X	
LAV0011-14	x		X	
LAV0012-00-2018	x		X	
LAV0033-00-2015	x		X	
LAV0037-00-2015	x		X	
LAV0041-13	x		X	
LAV0021-00-2023	x		X	
LAM2965	x		X	
LAM3293	x			
LAM4352	x		X	
LAM4978	x		X	

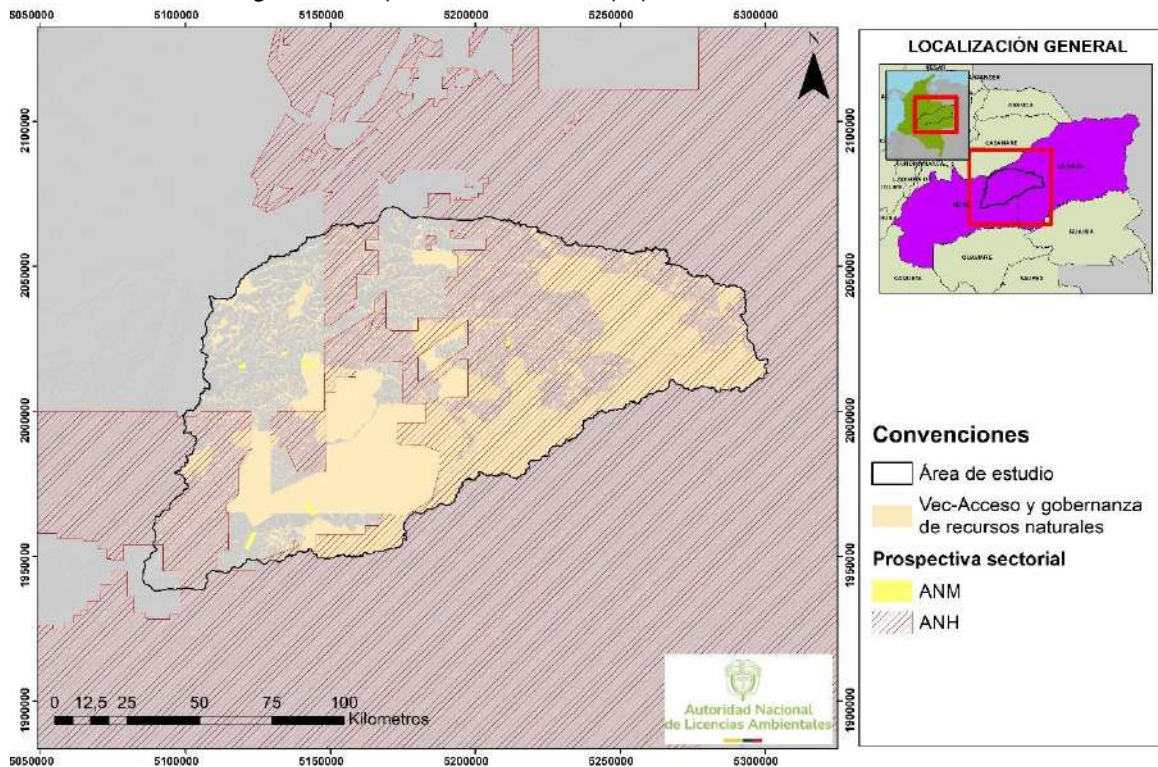
Fuente: ANLA, 2025

Figura 114. Área y línea de proyectos licenciados en seguimiento en superposición con el VEC socioeconómico



Fuente: ANLA, 2025.

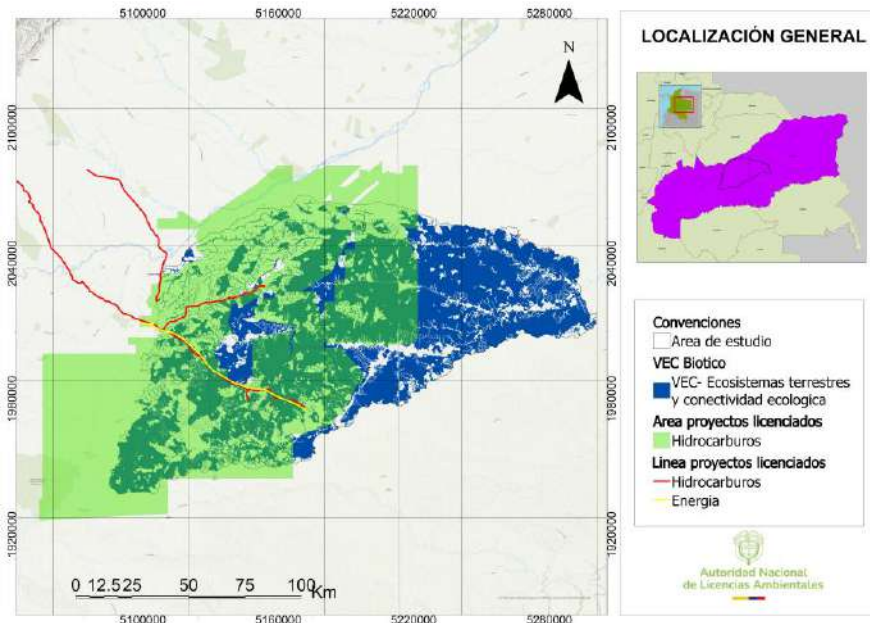
Figura 115. Prospectivas sectoriales en superposición con el VEC socioeconómico



De acuerdo con el análisis espacial realizado, en el cual se contrastaron las áreas de influencia de los proyectos en seguimiento y las prospectivas sectoriales frente a los límites definidos para cada VEC identificado, se determinó que, para el **VEC - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica** y **VEC- Acceso y gobernanza de recursos naturales**, todos los proyectos de tipo área y de tipo línea licenciados por la ANLA, mencionados en la Figura 3, se superponen con el componente ambiental de valor (VEC) biótico y socioeconómico.

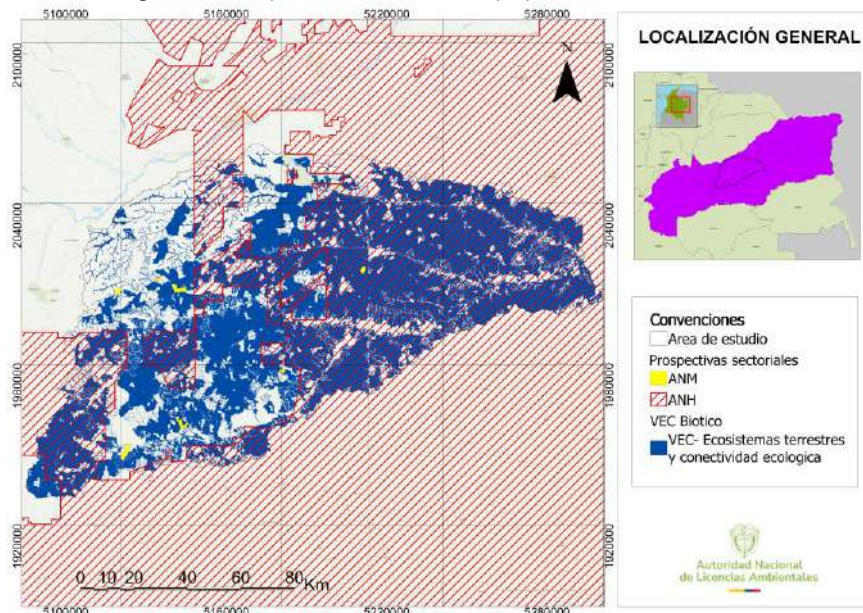
En cuanto a las prospectivas sectoriales, se identificaron ocho (8) polígonos del sector minero en solicitud de evaluación, todos ubicados en el departamento del Meta, así como dos (2) polígonos del sector hidrocarburos que abarcan gran parte del área regionalizada restante. Estos proyectos representan una potencial afectación sobre los ecosistemas terrestres y, en consecuencia, sobre la conectividad ecológica (ver Figura 4).

**Figura 116.** Área y línea de proyectos licenciados en superposición con el VEC biótico.



Fuente: ANLA, 2025

**Figura 117.** Prospectivas sectoriales en superposición con el VEC biótico.



Fuente: ANLA, 2025



## E. ACTIVIDAD 5. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS ACUMULATIVOS

### VEC 1 - Acceso y gobernanza de los recursos naturales

De acuerdo con el análisis de integralidad, la relación entre comunidades locales y actividades económicas predominantes como la explotación de hidrocarburos, ganadería extensiva, agroindustria y aprovechamiento forestal ha transformado las dinámicas sociales y territoriales del Alto Vichada. La presión sobre los medios de vida tradicionales y la superposición de intereses económicos, ambientales y culturales **generan y alteran conflictos sociales**, especialmente en áreas rurales donde los ecosistemas son la base de subsistencia. La expansión agropecuaria y el avance de proyectos extractivos intensifican las disputas por tierra y agua, desencadenando tensiones entre comunidades indígenas, campesinas, inversionistas privados y autoridades estatales. Este impacto adquiere un carácter acumulativo, ya que no se limita a hechos puntuales, sino que se potencia por la persistencia histórica de conflictos por el acceso a la tierra, la progresiva ampliación de actividades extractivas y agroindustriales, y la interacción con factores como el acaparamiento de predios, la presencia de economías ilícitas y la acción de actores armados ilegales.

Desde el enfoque de derechos humanos, tales dinámicas implican riesgos directos para el ejercicio de derechos colectivos al territorio, al agua, a la alimentación y a un ambiente sano, así como para el derecho a la participación en decisiones que afectan a las comunidades. Las manifestaciones incluyen desplazamientos, tensiones interétnicas, pérdida de confianza institucional, fragmentación organizativa y percepción de exclusión frente a los beneficios de los proyectos. La ausencia de mecanismos efectivos de gobernanza inclusiva y resolución de conflictos ha contribuido a profundizar la conflictividad. En consecuencia, el acceso y la gobernanza de los recursos naturales se constituyen en un componente relevante de la región.

### VEC 2 - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

De acuerdo con el análisis de integralidad, se evidencia que las principales actividades que se presentan en el área regionalizada como la explotación de hidrocarburos, la ganadería extensiva, la agroindustria y el aprovechamiento forestal ha generado impactos que alteran las dinámicas ecológicas en el área. Impactos como la **"Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres"** y la **"Alteración a comunidades de fauna terrestre"** son algunos de ellos que han afectado la conectividad ecológica de las especies, sobre todo aquellas con requerimientos específicos. Por su parte, la **"Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres"** como resultado de actividades humanas como la deforestación, la agricultura intensiva, la expansión de actividades ganaderas, infraestructura y también las actividades propias de los proyectos licenciados han interferido en la fragmentación del paisaje provocando una pérdida continua de los ecosistemas generando obstáculos que limitan el movimiento de las especies sobre todo aquellas con requerimientos específicos, y que además restringen su capacidad a responder a cambios en condiciones ambientales, lo que disminuye su posibilidad de supervivencia a largo plazo. Esto indica una desconexión creciente entre algunos registros y los principales parches núcleo compromete la funcionalidad ecológica de los ecosistemas y aumenta el riesgo de aislamiento de poblaciones locales, especialmente en el sector sur del área regionalizada y en áreas cercanas a la infraestructura vía.

Por otro lado, la **"Alteración a comunidades de fauna terrestre"** se relaciona principalmente con la fragmentación del hábitat, la presencia de proyectos de hidrocarburos que actúan como barreras lineales, afectando la conectividad ecológica y generando el aislamiento de poblaciones. A esto se suma la pérdida significativa de cobertura arbórea, especialmente en áreas de sabanas arboladas lo que disminuye la disponibilidad de hábitats adecuados. La deforestación, la expansión de la frontera agropecuaria, el cambio climático y la presión derivada de actividades operativas contribuyen al desplazamiento de especies hacia zonas menos favorables, disminuyen sus poblaciones y restringen su movilidad. Adicionalmente, el ruido generado por las actividades en fase de operación puede alterar los patrones de comunicación, alimentación, reproducción y desplazamiento de la fauna silvestre, afectando especialmente a especies sensibles al sonido o con hábitos acústicos específicos. Estas perturbaciones acústicas, sumadas a los procesos de fragmentación y pérdida de hábitat, intensifican la desconexión ecológica y reducen la resiliencia de las comunidades. Esta pérdida de conectividad compromete la capacidad de recuperación y la funcionalidad de los ecosistemas,



cuya dinámica depende de la interacción entre las especies y su rol en procesos como la dispersión de semillas, el control de poblaciones de invertebrados y el mantenimiento de la estructura vegetal. Bajo escenarios de cambio climático, las variaciones en temperatura y precipitación inciden en la disponibilidad de alimento y en la productividad de los ecosistemas, afectando la permanencia y estabilidad de las comunidades de fauna.

## F. ACTIVIDAD 6. EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE SIGNIFICANCIA DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS SOBRE CADA VEC

### VEC1- Acceso y gobernanza de los recursos naturales

El impacto de **generación y/o alteración de conflictos sociales** se clasifica con una **significancia alta**, considerando la magnitud de las afectaciones y la elevada sensibilidad del VEC *Acceso y gobernanza de los recursos naturales*. La concurrencia de actividades hidrocarburíferas, agroindustriales, ganaderas y forestales en el área regionalizada incrementa las tensiones por el uso, control y calidad de los recursos naturales, configurando escenarios de conflictividad entre comunidades indígenas y campesinas, actores privados e instituciones estatales. La importancia del **impacto es alta**, ya que compromete la cohesión social, la gobernanza territorial y el ejercicio de derechos colectivos sobre el territorio, el agua y los medios de subsistencia. Estas dinámicas se agravan en contextos con antecedentes de disputas históricas por tierra y agua, presencia de economías ilícitas y débil capacidad estatal para regular, monitorear y resolver conflictos. Cuando las tensiones no son gestionadas de forma preventiva y participativa, tienden a acumularse y escalar, debilitando la confianza institucional y reduciendo la resiliencia comunitaria frente a nuevas iniciativas de desarrollo. La **sensibilidad del VEC es particularmente alta** debido a la condición histórica de vulnerabilidad y la dependencia directa de las comunidades respecto de los ecosistemas locales.

Desde el enfoque de derechos humanos, la acumulación de impactos sobre este VEC incrementa el riesgo de conflictividad socioambiental y amenaza el goce efectivo de derechos fundamentales como el acceso al agua, la alimentación, un ambiente sano y la autodeterminación de los pueblos indígenas. En este sentido, la significancia del impacto demanda la adopción de medidas integrales de prevención, diálogo intercultural y fortalecimiento institucional que garanticen la sostenibilidad del territorio y la protección de los derechos colectivos.

### VEC 2 - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

Los impactos **“Alteración a ecosistemas y hábitats terrestres”** y **“Alteración a comunidades de fauna terrestre”** representan un efecto ambiental significativo, cuya importancia se clasifica como **alta** en relación con el VEC – Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica, debido a la elevada sensibilidad y vulnerabilidad de la región frente a estos cambios. La conectividad ecológica depende de la integridad de los ecosistemas y de los hábitats que facilitan el movimiento de las especies, el flujo genético y el adecuado funcionamiento de los sistemas naturales. Cuando los ecosistemas se ven alterados, se fragmentan los corredores biológicos y se generan barreras que limitan la interacción entre sus componentes. Este tipo de impactos no solo modifica la composición y el equilibrio de los ecosistemas, sino que también afecta a las comunidades faunísticas, que dependen de hábitats específicos y de la disponibilidad de recursos.

La **“Alteración a comunidades de fauna terrestre”** constituye un impacto crítico sobre la biodiversidad, ya que el área regionalizada del Alto Vichada se caracteriza por su alta riqueza biológica y por funcionar como un corredor natural que conecta ecosistemas de sabana, bosques de galería y humedales. Las comunidades de fauna terrestre son elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas, pues cumplen un papel esencial en procesos como la dispersión de semillas y la regulación de poblaciones (por ejemplo, de hormigas y termitas), entre otros. Sin embargo, la fragmentación de hábitats ocasionada por diferentes actividades humanas reduce la disponibilidad de refugio y alimento para mamíferos, aves y herpetofauna. A esto se suma otros factores de presión como el ruido generado durante la operación de los proyectos, cuya acumulación en el tiempo y espacio pueden generar efectos crónicos sobre la fauna silvestre. De igual forma el estrés ambiental



derivado del cambio climático, junto con la pérdida de cobertura vegetal y la perturbación acústica, afecta directamente la movilidad, supervivencia y éxito reproductivo de estas comunidades. Este impacto es particularmente crítico porque compromete la resiliencia ecológica del territorio, incrementa el riesgo de pérdida de especies con valor ecológico y cultural, y genera desequilibrios en las interacciones tróficas y en la funcionalidad de los ecosistemas.

## **G. ACTIVIDAD 7. DEFINICIÓN DE LAS MEDIDAS DE GESTIÓN Y MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS SOBRE CADA VEC**

**VEC1 Acceso y gobernanza de los recursos naturales**

Para la generación o alteración de conflictos sociales:

### **1. Fortalecimiento de la gobernanza y participación comunitaria:**

- Promover la implementación de mesas interinstitucionales de diálogo socioambiental con participación de comunidades indígenas y campesinas, sector privado y autoridades, para anticipar y resolver conflictos sobre uso de tierra, agua y bosques.
- Implementar protocolos interinstitucionales que permitan actuar rápidamente ante señales de tensión o conflicto social en áreas donde se desarrollan obras o actividades con alta carga ambiental. Estas rutas deben ser lideradas por los gobiernos locales con acompañamiento de entidades ambientales, defensorías del pueblo y representantes comunitarios.
- Establecer mecanismos de monitoreo participativo de recursos hídricos, suelos y bosques, con reportes periódicos que sirvan para la toma de decisiones conjuntas, vinculando activamente a las comunidades campesinas, afrodescendientes e indígenas. Este tipo de monitoreo debe aprovechar el conocimiento local y ancestral sobre el territorio y los recursos naturales, facilitando la identificación temprana de afectaciones. Además, se recomienda establecer canales de retroalimentación entre comunidades, autoridades ambientales y empresas, que permitan ajustar las acciones preventivas y correctivas en función de los hallazgos.
- Asegurar que las comunidades reciban información clara y comprensible sobre los proyectos presentes en sus territorios, mediante materiales pedagógicos, traducciones a lenguas indígenas (cuando corresponda), y espacios comunitarios de socialización.
- Incorporar los Planes de Vida, Planes de Etnodesarrollo y planes de desarrollo comunitario en los procesos de licenciamiento y toma de decisiones, garantizando coherencia entre la planeación estatal y comunitaria.
- Impulsar la conformación de veedurías comunitarias ambientales y sociales con soporte técnico e institucional para ejercer control social sobre proyectos y obras.

Enfoque DH: fortalecimiento del derecho a la participación y a la consulta, reconocimiento de la diversidad cultural, derecho a la información y al control social.

### **2. Gestión sostenible de los recursos naturales:**

- Diseñar e implementar planes de ordenamiento y zonificación participativa del territorio que delimiten áreas de conservación, uso tradicional y actividades productivas intensivas.
- Promover acuerdos de uso regulado de fuentes hídricas y rondas de protección, priorizando consumo humano y actividades de subsistencia.
- Incentivar proyectos productivos alternativos de economía forestal sostenible, pesca controlada y agricultura diversificada, que reduzcan presión sobre suelos y bosques.
- Promover procesos de formación y fortalecimiento de capacidades locales en temas como gestión de recursos naturales, análisis de impactos, ordenamiento del territorio, veeduría ciudadana, resolución de conflictos y defensa de derechos colectivos. Esta estrategia debe



priorizar a líderes comunitarios, jóvenes, mujeres y representantes de pueblos étnicos, fortaleciendo su rol en la planificación y vigilancia del uso del suelo, especialmente en zonas afectadas por la pérdida de actividades económicas tradicionales o degradación del suelo productivo.

**Enfoque DH: derecho al agua, a la alimentación y a un ambiente sano.**

### 3. Prevención y resolución de conflictos socioambientales:

- Implementar un sistema de alertas tempranas que permita identificar tensiones y disputas territoriales en etapas iniciales, articulado con el Sistema de Alertas Tempranas (SAT) de la Defensoría del Pueblo y con los mecanismos de seguimiento de la ANLA.
- Fortalecer las capacidades locales de mediación intercultural, mediante procesos de formación y acompañamiento, en articulación con la Defensoría del Pueblo, autoridades tradicionales y organizaciones comunitarias.
- Diseñar e institucionalizar protocolos de gestión de PQRSD comunitarias con trazabilidad, acceso transparente y enfoque de derechos. Se recomienda articular este proceso con el Ministerio de Agricultura y la Agencia Nacional de Tierras (ANT) para analizar presiones relacionadas con la tenencia y el acceso a la tierra, e integrar dicha información en los POT/EOT y en los POMCA.

**Enfoque DH: garantía de acceso a la justicia ambiental, prevención de vulneración de derechos colectivos.**

#### VEC 2 - Ecosistemas terrestres y conectividad ecológica

- **Establecimiento de corredores ecológicos y planes de conservación de especies de fauna silvestre**

**Descripción:** la creación de corredores para el movimiento de fauna silvestre es fundamental para mantener la conectividad ecológica entre parches de hábitats fragmentados, permitiendo movimiento y dispersión de las especies.

#### **Estrategia:**

- ✓ Identificar corredores potenciales utilizando técnicas de análisis espacial (GIS) y modelado de nicho ecológico, así como la selección de indicadores clave como la riqueza de especies, tasa de movilidad y uso del corredor por fauna.
- ✓ Implementar medidas de mitigación en proyectos de infraestructura (por ejemplo, pasos de fauna, túneles) que faciliten la migración de especies. Así mismo, se deberán incluir en los planes de manejo áreas de recuperación que promuevan la conectividad y mejoramiento del hábitat.

- **Conservación y monitoreo ecológico**

**Descripción:** Implementar estrategias de conservación para especies, áreas protegidas y para coberturas boscosas remanentes, con la gestión de un plan de seguimiento y monitoreo.

#### **Estrategia:**

- ✓ Implementar estaciones de monitoreo en puntos estratégicos con cámaras trampa, sensores de movimiento y análisis genéticos de poblaciones.
- ✓ Realizar análisis temporales para identificar tendencias y ajustar estrategias de manejo en función de los resultados obtenidos.
- ✓ Establecer un ciclo de planificación, implementación, monitoreo y revisión. Usar metodologías de evaluación de riesgos para identificar y mitigar incertidumbres en la gestión del hábitat.



- **Regulación de actividades extractivas**

**Descripción:** Establecer regulaciones estrictas que limiten el impacto de las actividades extractivas en hábitats sensibles, especialmente aquellas de carácter expansivo.

**Estrategia:**

- ✓ Implementar zonas de exclusión o áreas protegidas alrededor de hábitats críticos. Utilizar técnicas de evaluación de impacto ambiental estratégico para considerar los efectos de múltiples proyectos en la región y promover prácticas extractivas sostenibles, como el agroextractivismo sostenible y la gestión forestal sostenible.

- **Restauración ecológica**

**Descripción:** la restauración ecológica consiste en recuperar la estructura y funcionalidad de hábitats y de ecosistemas que han sido alterados o degradados.

**Estrategia:**

- ✓ Emplear la reforestación con especies nativas que promuevan la restauración de la biodiversidad y la recuperación del suelo.
- ✓ Incluir prácticas de restauración ecológica basadas en la ecología del paisaje, como la remediación de suelos contaminados y el control de especies invasoras mediante métodos biológicos y mecánicos que tengan como finalidad promover el mejoramiento y conectividad.

- **Gestión para mitigar el atropellamiento**

**Descripción:** Implementar estrategias de manejo orientadas a mitigar los riesgos que enfrenta la fauna terrestre particularmente la mortalidad directa causada por atropellamiento en vías de acceso.

**Estrategia:**

- ✓ Establecer un programa de manejo vial para fauna silvestre, que incluya la identificación y señalización de tramos críticos, la implementación de límites de velocidad y el control de tránsito en horarios de alta actividad animal. Complementariamente, promover campañas de sensibilización dirigidas a conductores y personal operativo, con el fin de fomentar una conducción responsable y la notificación de eventos de atropellamiento. Estas acciones deberán estar acompañadas por un sistema de monitoreo continuo, con registros georreferenciados y evaluación periódica de la eficacia de las medidas implementadas, especialmente en áreas con presencia de especies sensibles como *Myrmecophaga tridactyla* y *Sapajus apella*.

- **Participación comunitaria**

**Descripción:** Integración de las comunidades locales en actividades de conservación y monitoreo de los corredores biológicos, por parte de las empresas que desarrollaran proyectos.

**Estrategia:**

- ✓ Diseñar programas de capacitación en restauración ecológica, manejo sostenible de recursos y monitoreo de biodiversidad.



- ✓ Establecer incentivos económicos, como pagos por servicios ambientales, para fomentar prácticas compatibles con la conservación.
- ✓ Crear comités comunitarios que gestionen proyectos de conservación local, con apoyo técnico y financiero externo.
- ✓ Facilitar la comunicación entre comunidades y autoridades ambientales para garantizar que sus necesidades y conocimientos tradicionales sean considerados en los planes de manejo.

## XX. CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES PARA LA GESTIÓN

### A. CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES DIRIGIDOS A SELA

Medio/Componente	Situación evidenciada	Recomendaciones Regionales	Objetivo
Medio Socioeconómico	Considerando los resultados del ejercicio de identificación y evaluación de impactos acumulativos, se identificó el VEC- Acceso y gobernanza de recursos naturales, el cual asocia el impacto que puede ser acumulativo y que corresponden a: Generación y/o alteración de conflictos sociales.	Respecto al impacto generación y/o alteración de conflictos sociales, se recomienda fomentar la implementación de programas y medidas de manejo enfocadas en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer mesas de diálogo socioambiental e interinstitucional.</li> <li>• Implementar protocolos de respuesta temprana ante tensiones o conflictos.</li> <li>• Desarrollar monitoreo participativo de agua, suelos y bosques.</li> <li>• Garantizar acceso a información clara, oportuna y en lenguas locales.</li> <li>• Incorporar Planes de Vida y planes comunitarios en la gestión territorial.</li> <li>• Impulsar veedurías comunitarias ambientales y sociales.</li> <li>• Diseñar procesos de ordenamiento y zonificación participativa del territorio.</li> <li>• Promover acuerdos de uso regulado del agua y rondas de protección.</li> <li>• Fomentar proyectos productivos sostenibles y alternativos.</li> <li>• Fortalecer capacidades locales en gestión socioambiental y resolución de conflictos.</li> <li>• Establecer incentivos económicos (PSA, fondos de agua, acuerdos de conservación).</li> <li>• Implementar sistemas de alertas tempranas de conflictividad.</li> <li>• Fortalecer la mediación intercultural con participación comunitaria.</li> <li>• Institucionalizar protocolos de gestión de PQRSD comunitarias.</li> </ul>	Fortalecer la gobernanza socioambiental y la gestión sostenible del territorio para prevenir, mitigar y resolver conflictos sociales asociados al acceso y uso de los recursos naturales, garantizando la participación efectiva de las comunidades, la protección de derechos colectivos y la sostenibilidad de los ecosistemas.
Medio Socioeconómico	Se observa una percepción de desconfianza entre algunos grupos poblacionales, así como la presencia de tensiones socioambientales que podrían incidir en la cohesión social y el bienestar de las comunidades. Asimismo, se han identificado algunas barreras en el acceso a información ambiental comprensible y oportuna, lo que limita la capacidad de las comunidades para participar de manera informada en los procesos de toma de decisiones relacionados con proyectos que afectan sus territorios y recursos naturales. Se identifica un nivel de desconfianza por parte de los grupos poblacionales, así como conflictos socioambientales que afectan la cohesión social y el bienestar de las comunidades. Además, existen dificultades en el acceso a información ambiental clara, lo que impide que las comunidades puedan tomar decisiones informadas sobre los proyectos que afectan sus territorios y recursos naturales.	Teniendo en cuenta los objetivos estratégicos de la ANLA en el marco de la implementación del Acuerdo de Escazú, se recomienda: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Acceso a la información ambiental:</u> Durante los procesos de evaluación y seguimiento, garantizar la difusión clara, oportuna y accesible de la información ambiental en lenguaje ciudadano, con enfoque diferencial (étnico, territorial, género), y mediante medios adecuados para cada contexto local (radio comunitaria, piezas gráficas, redes sociales locales, asambleas, etc.).</li> <li>• <u>Participación pública incidente:</u> Integrar mecanismos de participación incidente desde la etapa temprana de evaluación ambiental hasta el seguimiento de proyectos, incluyendo la instalación de mesas territoriales de diálogo, espacios de consulta</li> </ul>	Fortalecer la inclusión y la participación efectiva de las comunidades en los procesos de licenciamiento ambiental, garantizando el pleno ejercicio de sus derechos a la información, la justicia ambiental y la participación en la toma de decisiones. Es fundamental que las decisiones relacionadas con el uso de los recursos naturales integren los intereses, conocimientos y preocupaciones de las comunidades locales, con el fin de minimizar los riesgos de conflictividad socioambiental y fomentar un desarrollo más sostenible, justo y equitativo.  Esta recomendación también busca reforzar la protección de



		<p>temprana y seguimiento participativo con actores comunitarios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Acceso a la justicia en asuntos ambientales</u>: Articular desde ANLA, en los procesos de evaluación y seguimiento, rutas de coordinación con autoridades ambientales regionales y órganos de control para atender y resolver denuncias ciudadanas, y hacer seguimiento a las medidas preventivas y correctivas.</li> <li>• <u>Protección a personas y organizaciones defensoras de derechos humanos ambientales</u>: Incorporar protocolos de prevención y protección en los procesos de evaluación y seguimiento ambiental, que incluyan alertas tempranas, articulación con entidades competentes (Defensoría, UNP) y reconocimiento del rol de defensores/as ambientales.</li> </ul>	<p>los derechos humanos y ambientales de las poblaciones más vulnerables, en coherencia con los principios del Acuerdo de Escazú.</p>
<b>Medio Socioeconómico</b>	Zonas con antecedentes de conflictividad, tales como: Rubiales, Tillavá, Cumaribo.	Solicitar la incorporación en los EIA de un análisis territorial de conflictividad socioambiental y antecedentes históricos de interacción entre comunidades, Estado y sector productivo, que permita identificar factores de riesgo social, institucional y ambiental. Este análisis deberá incluir información proveniente de fuentes oficiales, comunitarias y académicas, así como mecanismos de diálogo temprano con los actores locales.	Prevenir la acumulación de tensiones en áreas críticas, integrando variables sociales desde la evaluación inicial.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Tensiones por percepción de beneficios limitados frente a los costos socioambientales de proyectos.	Requerir a los titulares la presentación de estrategias de beneficio compartido y de gestión participativa del territorio, que contemplen empleo local digno, fortalecimiento de capacidades comunitarias y apoyo a iniciativas productivas sostenibles. Se recomienda que estas estrategias incorporen mecanismos de seguimiento participativo y criterios de equidad social y de género	Contribuir al equilibrio entre beneficios y cargas socioambientales, garantizando la percepción de justicia territorial y la reducción de conflictividad desde las etapas iniciales de planificación.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Dependencia de economías tradicionales (pesca, chagra, recolección) afectadas por extractivas.	Incluir en los EIA una evaluación diferenciada e intercultural de los impactos sobre los medios de vida tradicionales, considerando prácticas productivas, uso del territorio, conocimientos locales y significados culturales. Definir medidas de compensación y fortalecimiento culturalmente apropiadas, en articulación con instituciones locales y autoridades étnicas.	Proteger medios de subsistencia y reducir afectaciones a prácticas tradicionales.
<b>Componente Hídrico Subterráneo</b>	Potencial sismicidad inducida debido a actividades de inyección.	<p>Evaluar detalladamente las solicitudes de actividades de inyección en áreas de potencial sismicidad inducida, a nivel operacional como geológico:</p> <p>Tener presente tasa de inyección, volumen inyectado acumulado, presión de inyección en el pozo, condiciones de inyección en relación con cercanía al basamento cristalino y/o fallas geológicas activas. Con respecto a esto último, además, solicitar una caracterización minuciosa de dichas fallas, especialmente su orientación y condiciones de esfuerzo, en tanto la sismicidad inducida es producto de la activación de fallas en condiciones de esfuerzo crítico, de acuerdo con Molina y</p>	Prevenir y/o mitigar la ocurrencia de sismicidad inducida y sus consecuencias a nivel físico y social.



		<p>otros (2020). Se recomienda tener presente los siguientes requerimientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Línea base de sismicidad</li> <li>- Mapeo detallado de geología estructural superficial y en profundidad</li> <li>- Caracterización hidráulica</li> <li>- Modelación preliminar con escenarios de difusión de presión, mapeo de cambios de presión en fallas, estimación de cambios de Coulomb, y cálculo de sensibilidad ante tasas, volúmenes y ubicación de inyección</li> <li>- Definición de umbrales operativos</li> <li>- Plan de monitoreo</li> </ul> <p>Además, debido a las propias recomendaciones del SGC, considerar inviable la inyección en arenas basales de la Formación Carbonera, así como en unidades geológicas en contacto con el basamento cristalino.</p> <p>Implementar medidas de manejo que conlleven monitoreos sismológicos durante y después operaciones de inyección de fluidos, así como acciones específicas en dado caso que se encuentren eventos sísmicos asociadas a procesos de inyección. En este mismo sentido, deben plantearse medidas de manejo no solo dentro del medio físico sino también socioeconómico, teniendo en cuenta las posibles afectaciones a la infraestructura de las comunidades cercanas a la ocurrencia de sismicidad inducida.</p>	
<b>Componente Hídrico Superficial</b>	<p>Régimen altamente estacional (estiaje marzo-abril; mayor disponibilidad junio-julio). En caño Rubiales y afluentes NN1-NN3 los mínimos característicos son muy bajos. Proyecciones por décadas muestran tendencia a la baja de la oferta.</p>	<p>Comparar captación propuesta vs. caudales de estiaje del punto representativo por subzona.</p> <p>Exigir plan de operación por temporadas: captar y almacenar en la ventana húmeda para consumir en estiaje (reducir tomas directas en meses críticos).</p> <p>No autorizar captaciones/vertimientos en estiaje en NN1-NN3 y tramo sensible sin volúmenes almacenados de respaldo.</p> <p>Pedir viabilidad por décadas (2030s, 2050s, 2090s) y rutas de adaptación (más almacenamiento y ajuste de ventanas).</p>	<p>Evitar presión sobre los caudales de estiaje, asegurar continuidad operativa y robustez del proyecto ante oferta decreciente</p>
<b>Medio Biótico</b>	<p>Se ha evidenciado la superposición o influencia de proyectos licenciados y prospectivos (especialmente del sector de hidrocarburos) sobre áreas de conectividad funcional para especies clave dentro de área de importancia ecológica.</p>	<p>Se recomienda excluir o reducir al máximo la intervención de áreas donde se distribuye la especie, así como de aquellas con alta probabilidad de conectividad ecológica. Adicionalmente, se deben implementar planes de manejo orientados a la restauración y mejora de hábitat y de la conectividad ecológica, mediante siembras de especies nativas en puntos estratégicos del paisaje cuando las actividades del proyecto afecten zonas clave para la conectividad. Por último, se sugiere evaluar y /o restringir cuidadosamente el otorgamiento de permisos de aprovechamiento forestal en áreas de alta importancia ecológica para las especies, sobretodo aquellas que tengas requerimientos específicos.</p> <p>Así mismo, la selección de áreas para la reubicación de fauna debe garantizar la supervivencia y viabilidad de los individuos traslocados, haciendo énfasis en los requerimientos de hábitat específicos para cada especie.</p>	<p>Prevenir la fragmentación y pérdida de hábitat de especies clave en los ecosistemas y con ello, mantener y mejorar la conectividad funcional. Así como garantizar la supervivencia y viabilidad de los individuos que serán traslocados durante las fases de construcción de los proyectos.</p> <p>Priorizar la conservación de hábitat para especies de fauna en categoría de amenaza especialmente para el oso hormiguero gigante (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>)</p>

		<p>Se recomienda contar con protocolos de atención veterinaria para la atención de individuos que lo requieran, en los eventos de reubicación y ahuyentamiento de fauna. Estos protocolos deben incluir evaluación y atención veterinaria, dietas adecuadas de acuerdo con la especie y disponer de sitios adecuados de reposo y rehabilitación</p> <p>Se recomienda establecer medidas de manejo con enfoque en la ecología de estas especies.</p>	
<b>Medio Biótico</b>	<p>Se ha evidenciado un incremento en el ruido por proyectos que están operando en el área regionalizada.</p>	<p>Considerar dentro de las técnicas de mitigación del ruido:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda caracterización de fauna silvestre cuando los parches de hábitat se superpongan con las isófonas de umbral de afectación a la fauna silvestre que pueda estar siendo impactada por la presencia y funcionamiento de los proyectos y/o actividades. Esta caracterización debe complementarse con muestreos acústicos pasivos que permitan identificar las especies potencialmente afectadas, así como patrones espaciales y temporales del uso del espacio.</li> <li>Cuando el impacto de ruido se considere significativo para el proyecto, se debería reportar una base de datos que incluya la identificación de sonotipo/sonoespecie, los registros de actividad acústica asociados a cada especie, así como sus respectivos espectrogramas, oscilogramas y parámetros acústicos que respaldan las aproximaciones taxonómicas realizadas a partir de grabaciones.</li> </ul>	<p>Realizar una caracterización e implementar monitoreos de acústica pasiva y estimar distribución, abundancia y comportamiento de estas especies, en aras de prevenir y mitigar impactos por ruido antropogénico sobre estas especies.</p>
<b>Medio biótico</b>	<p>Se observó que para todas las comunidades hidrobiológicas se reportan densidades en unidades de medida que no corresponden a las correctas para cada comunidad (eg. Zooplancton reportado en ind/cm2, macroinvertebrados reportados en ind/mL). Se recomienda estandarizar las unidades de reporte según corresponda)</p>	<p>Se sugiere solicitar, por parte del grupo SELA a las sociedades, el correcto uso y la estandarización de las unidades para las comunidades hidrobiológicas al momento de diligenciar la GDB desde su licenciamiento. Se recomienda lo siguiente:</p> <p>Fitoplancton y zooplancton se reporten en ind/mL</p> <p>Perifiton ind/cm2</p> <p>Macroinvertebrados Acuáticos ind/m2</p> <p>Peces (macrofauna) unidades</p> <p>Macrófitas unidades (aclarar si se estiman % de cobertura)</p>	<p>Mejorar la calidad y la precisión de la información en los reportes hidrobiológicos desde el licenciamiento de los proyectos evaluados, asegurando la correcta correspondencia entre las unidades y las comunidades analizadas, con el fin de mejorar la comparabilidad y la integridad de los datos. Evitar pérdida de información en futuros análisis.</p>
<b>Medio biótico</b>	<p>Se ha evidenciado un incremento en el atropellamiento de diversas especies en el área regionalizada, debido a que sus hábitats se ven fragmentados por la ejecución de proyectos y el desarrollo de distintas actividades. Esto ha generado implicaciones en procesos de migración, dispersión y comportamiento, entre otros.</p>	<p>Se recomienda implementar medidas de prevención y mitigación para proyectos que requieran construcción de accesos propios y que presentan un alto potencial de movimiento de especies como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se sugiere seguir la guía o cartilla de pasos de fauna del ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible.</li> <li>Adecuar la infraestructura vial mediante pasos de fauna superiores o aéreos, así como la adaptación de obras hidráulicas que funcionen como pasos subterráneos.</li> <li>Establecer un programa de monitoreo continuo con</li> </ul>	<p>Mitigar el atropellamiento de especies clave dentro del área regionalizada, con énfasis en aquellas de gran importancia ecológica, como el oso hormiguero gigante (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>), y priorizar la conservación tanto de las especies como de la conectividad ecológica funcional.</p>

		cámaras trampa para identificar qué especies utilizan los cruces y cómo varía su uso en diferentes temporadas climáticas, con el fin de evaluar la efectividad de los pasos de fauna.	
<b>Cambio climático: mitigación y adaptación</b>	<p>Bajo escenario SSP5 se proyecta +3 a +5 °C de temperatura hacia 2100 y aumentos de precipitación concentrados en extremos (hasta 20%), lo que ya se refleja en los modelos de la caracterización: en el componente hidro superficial el Qmed desciende ~3 % por década (-14,8 m<sup>3</sup>/s/dec), el Q95 cae hasta -23 % (Caño Rubiales) y el OD llega a 0,6 mg/L en año crítico; en el componente hidro subterráneo se prevén abatimientos piezométricos de hasta -3,5 m en la capa 1 (somera); en atmosférico los cambios en dispersión son &lt;2 µg/m<sup>3</sup>; y en el biótico hay contracción de hábitats y pérdida/fragmentación (picos &gt;2.500 ha/año), con riesgo alto-muy alto en amplias zonas del bioma.</p>	<p>Se recomienda que el árbol de decisiones de cambio climático incorpore de manera explícita dos elementos en la etapa de evaluación:</p> <p>Determinación de aplicabilidad de la obligación climática. Se impondrá la obligación de presentar información de cambio climático (al menos en su alcance mínimo) cuando ocurra cualquiera de las siguientes condiciones: (i) el proyecto tenga un horizonte operativo posterior al año 2040; y/o (ii) se localice en áreas clasificadas con amenaza, vulnerabilidad o riesgo alto o muy alto, de acuerdo con los insumos de caracterización.</p> <p>Para evitar ambigüedades, el término “activar” se sustituye por “imponer la obligación” o “exigir la presentación de información de cambio climático”.</p> <p>Reconocimiento de medidas de adaptación (orientación). Una vez impuesta la obligación y realizado el análisis de riesgos climáticos por parte de la empresa, las medidas de adaptación que proponga podrán alinearse con obligaciones ambientales ya existentes en otros medios y componentes (p. ej., caudales ecológicos, límites de abatimiento piezométrico, protección de núcleos y corredores, restauración, inventarios GEI), siempre que demuestren pertinencia frente a los riesgos identificados. La identificación y justificación de dichas medidas corresponde a la empresa, pudiendo apoyarse en el Portafolio de cambio climático. (Este apartado no forma parte del árbol de decisión que impone la obligación, sino de las orientaciones para su cumplimiento.)</p>	<p>Asegurar que las licencias ambientales integren medidas preventivas frente a los escenarios futuros de cambio climático, orientadas a disminuir la vulnerabilidad y el riesgo en los componentes hídrico superficial, hídrico subterráneo, atmosférico y biótico. Estas medidas deben ser coherentes con los lineamientos de la ANLA, contribuir a la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo sobre el agua y la biodiversidad, y dar cumplimiento a la Sentencia C-280 de 2024, a los compromisos de la NDC de Colombia y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 13 (Acción por el Clima) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres).</p>

## B. CRITERIOS TÉCNICOS REGIONALES DIRIGIDOS A SSLA

Medio/Componente	Situación evidenciada	Recomendaciones Regionales	Objetivo
<b>Medio Socioeconómico</b>	<p>En el marco de los seguimientos realizados por la ANLA, a través de la Estrategia de Presencia Territorial y visitas de verificación, se han identificado reiteradas inconformidades comunitarias y denuncias ambientales relacionadas con la gestión de recursos hídricos, suelos, aire y residuos, así como con obligaciones de compensación e inversión del 1%. Aunque la ANLA ha emitido requerimientos técnicos y adelanta control permanente, se evidencian limitaciones recurrentes para el cierre oportuno de denuncias, asociadas a acceso a predios, disponibilidad de información</p>	<p>En el marco del seguimiento que adelanta la ANLA a través de la Estrategia de Presencia Territorial y de las visitas técnicas, se recomienda fortalecer algunos procesos orientados a la gestión socioambiental en la región:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimizar la trazabilidad técnica de la información de campo y de la atención a denuncias, garantizando registros completos, comparables y accesibles.</li> <li>• Fortalecer la articulación interinstitucional (CORMACARENA, Defensoría, Procuraduría, alcaldías) para mejorar la verificación de hallazgos y el cierre oportuno de casos.</li> <li>• Reforzar la socialización de resultados de seguimiento con comunidades, mediante informes pedagógicos y en lenguas locales cuando corresponda, para fortalecer la transparencia y la confianza.</li> </ul>	<p>Fortalecer los procesos de seguimiento ambiental que ya desarrolla la ANLA, priorizando la trazabilidad técnica, la articulación interinstitucional, la socialización de resultados y la incorporación de alertas tempranas, con el fin de incrementar la eficacia en la atención de denuncias, mejorar la confianza comunitaria y contribuir a la prevención y gestión de la conflictividad socioambiental en la región.</p>



	completa y percepciones de insuficiente comunicación con las comunidades, lo que contribuye a mantener activos focos de conflictividad socioambiental.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrar enfoques de alerta temprana en el seguimiento, con el fin de anticipar escenarios de conflictividad socioambiental y orientar medidas preventivas.</li> <li>Consolidar la Estrategia de Presencia Territorial como canal permanente de comunicación y acompañamiento comunitario en torno al cumplimiento de obligaciones ambientales y sociales.</li> </ul>	
<b>Medio Socioeconómico</b>	LAM3547: Reclamaciones por posibles afectaciones a cuerpos de agua y suelos, además de inconformidad frente al cumplimiento del 1% y acceso a información.	Reforzar el monitoreo de escorrentía, infiltración y calidad del suelo en coordinación con CORMACARENA; socializar resultados del 1% y compensaciones en formatos claros y accesibles para comunidades indígenas.	Fortalecer la confianza comunitaria y garantizar trazabilidad en el cumplimiento de obligaciones ambientales.
<b>Medio Socioeconómico</b>	LAV0041-13: Inconformidades por presuntas afectaciones a fuentes hídricas, suelos y prácticas culturales; dudas sobre el cumplimiento de compensaciones y pasivos ambientales.	Ampliar análisis de calidad de agua en pozos y caños señalados; documentar y socializar medidas de compensación ejecutadas; fortalecer espacios de participación relacionados con pesca y fauna silvestre.	Atender preocupaciones comunitarias de manera técnica y transparente, reduciendo tensiones socioambientales
<b>Medio Socioeconómico</b>	LAM0019 / LAM4795: Reportes de derrames, exclusión de comunidades en verificaciones, afectaciones percibidas por reinyección de aguas de producción, y reclamos por emisiones atmosféricas y material particulado.	Priorizar la inclusión de comunidades en visitas de verificación; reforzar seguimiento a emisiones y material particulado con apoyo de monitoreo comunitario; socializar con lenguaje claro la información técnica sobre reinyección de aguas.	Mejorar la inclusión social en el seguimiento y fortalecer la legitimidad de las decisiones técnicas de la ANLA.
<b>Medio Socioeconómico</b>	LAM5995 / LAV0021-00-2023: Reclamaciones por afectaciones al aire, suelos, cuerpos de agua y morichales; inconformidades frente a la resolución 2775 de 2023 y movilizaciones sociales.	Profundizar en verificaciones sobre material particulado y escorrentía hacia nacederos; garantizar socialización clara de las obligaciones de licencia, incluyendo la resolución 2775; generar espacios de diálogo preventivo con Defensoría y autoridades locales.	Anticipar y prevenir escenarios de conflictividad, asegurando transparencia y gestión participativa de las medidas ambientales.
<b>Componente Hídrico Subterráneo</b>	Potencial sismicidad inducida debido a actividades de inyección.	<p>Revisar posible correlación entre actividades de inyección y generación de sismicidad inducida en los expedientes LAM0019, LAM3340, LAM3678, LAM4795, LAM5124, LAV0033-00-2015, y LAV0037-0-2015.</p> <p>Evaluar implementación de monitoreos sismológicos durante y después operaciones de inyección de fluidos.</p> <p>Teniendo en cuenta las propias recomendaciones del SGC, considerar la modificación de actividades de inyección en arenas basales de la Formación Carbonera, así como en unidades geológicas en contacto con el basamento cristalino, y zonas cercanas a fallas geológicas activas, a otras localizaciones donde las características geológicas, en conjunto con las operacionales, no genere potencialmente sismicidad inducida.</p> <p>Dado el caso de presentarse un sismo que pueda llegar a ser considerado de origen antrópico, llevar a cabo medidas de manejo en las futuras operaciones de inyección mediante las cuales se garantice la no ocurrencia de sismicidad inducida.</p>	Prevenir y/o mitigar la ocurrencia de sismicidad inducida y sus consecuencias a nivel físico y social.



<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Los registros de pH en las tres Subzonas Hidrográficas muestran valores persistentemente ácidos, en su mayoría por debajo del rango normativo para preservación de flora y fauna (6,5-9). Esta acidez sostenida puede afectar la reproducción, el crecimiento y la supervivencia de especies acuáticas, además de incrementar la solubilidad y toxicidad de metales y nutrientes, con implicaciones directas en la calidad del recurso hídrico.</p>	<p>Para los expedientes LAM0019, LAM2997, LAM4221, LAM4352, LAM4795, LAM4978, LAM5023, LAM5281, LAM5297, LAM5506, LAM5995, LAV0011-14, LAV0012-00-2018, LAV0033-00-2015, LAV0041-13, LAV0090-00-2014, se recomienda realizar un análisis de las relaciones temporales entre el pH y el régimen de lluvias, con el fin de diferenciar si la acidez obedece principalmente a procesos naturales (como lixiviación de suelos ácidos) o a aportes antrópicos (vertimientos de tipo domésticos o industriales). En caso de confirmarse una influencia significativa de actividades humanas, deberán implementarse medidas específicas como reducción de vertimientos, implementación de programas de restauración de suelos y control de erosión o la que se considere pertinente de acuerdo con la particularidad del proyecto.</p>	<p>Determinar el origen natural o antrópico de la acidez en los cuerpos de agua superficial y, con base en ello, orientar estrategias de manejo y control que contribuyan a mitigar sus efectos sobre los ecosistemas acuáticos y la calidad del recurso hídrico.</p>
<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Excedencias de metales (Fe, Pb y Ba principalmente): Los registros muestran superaciones frecuentes de los límites de preservación de flora y fauna para metales, con riesgo de toxicidad y bioacumulación en cadenas tróficas.</p>	<p>Se recomienda solicitar la estandarización de los métodos de análisis de metales e implementar monitoreo diferenciado entre metales disueltos y totales.</p> <p>Se recomienda estandarizar los límites de detección analíticos para metales, de manera que se reduzca la variabilidad y se incremente la comparabilidad de los datos en el tiempo. Adicionalmente, se sugiere que los límites de detección empleados sean suficientemente bajos respecto a los criterios de calidad ambiental, garantizando sensibilidad analítica adecuada para la detección temprana de episodios de contaminación. A continuación, se listan las sugerencias específicas por expedientes competencia de ANLA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bario: LMC <math>\leq</math> 1.0 mg/L, expedientes LAM0019, LAM4795, LAM4978, LAM5023, LAM5170, LAM5281, LAM5297, LAM5506, LAM5995, LAV0011-14, LAV0012-00-2018, LAV0033-00-2015, LAV0041-13, LAV0090-00-2014.</li> <li>• Cadmio: LMC <math>\leq</math> 0.01 mg/L, expedientes LAM0019, LAM2997, LAM4221, LAM4352, LAM4795, LAM4978, LAM5023, LAM5170, LAM5281, LAM5297, LAM5506, LAM5995, LAV0012-00-2018, LAV0021-00-2023, LAV0033-00-2015, LAV0037-00-2015, LAV0041-13, LAV0090-00-2014.</li> <li>• Mercurio: LMC <math>\leq</math> 0.002 mg/L, expedientes LAM0019, LAM2997, LAM4795, LAM4978, LAM5281, LAM5995, LAV0041-13.</li> <li>• Plomo: LMC <math>\leq</math> 0.05 mg/L, expedientes LAM0019, LAM2997, LAM4221, LAM4352, LAM4795, LAM4978, LAM5281, LAM5506, LAM5995, LAV0033-00-2015, LAV0037-00-2015, LAV0041-13.</li> </ul>	<p>Garantizar la comparabilidad de los datos y la sensibilidad analítica adecuada para la detección temprana de episodios de contaminación.</p>
<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Se evidencian condiciones ácidas en el recurso hídrico superficial, con promedios anuales de pH por debajo del límite normativo. Adicionalmente, las concentraciones elevadas de</p>	<p>Se recomienda verificar en los seguimientos ambientales la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas residuales (domésticas y no domésticas) utilizadas en actividades de recirculación mediante riego de vías en los proyectos que cuenten con esta actividad licenciada. Esta</p>	<p>Fortalecer el control ambiental sobre el manejo y reutilización de aguas residuales en proyectos licenciados, a fin de prevenir impactos adversos en la calidad del recurso hídrico superficial y en</p>



	coliformes y fósforo registradas en algunos puntos de monitoreo sugieren posibles aportes de aguas residuales domésticas o no domésticas, lo cual podría estar contribuyendo al deterioro de la calidad del agua y a la alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo en zonas de escorrentía y drenaje.	revisión permitirá evaluar la calidad del agua empleada y su potencial efecto sobre las propiedades del suelo y la calidad de los cuerpos receptores superficiales, especialmente en zonas donde se evidencian condiciones ácidas persistentes.	las condiciones físico-químicas del suelo, contribuyendo al cumplimiento de la normativa ambiental vigente y a la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos
<b>Componente Hídrico Superficial</b>	Red de monitoreo hídrico poco robusto; la verificación depende de campañas y registros. Sensibilidad alta en marzo-abril (Rubiales y afluentes).	Verificar el cumplimiento del régimen con evidencias de volúmenes almacenados en temporada húmeda y usados en estiaje; y aforos o referencias a estaciones en marzo-abril. Priorizar visitas técnicas en temporada de estiaje.	Evitar presión sobre los caudales de estiaje, asegurar continuidad operativa y robustez del proyecto ante oferta decreciente.
<b>Medio biótico</b>	Disponibilidad de información limitada en relación con la espacialización de las áreas de monitoreo para fauna terrestre.	Se recomienda consolidar la información espacial correspondiente a los monitoreos de fauna terrestre de cada uno de los proyectos en seguimiento, a través de los ICAs. Asimismo, se recomienda la aplicación de la codificación establecida por la ANLA en relación con los permisos y obligaciones de monitoreo correspondientes a cada proyecto	Fortalecer los análisis regionales, en especial los ejercicios de modelación biótica dirigidos a especies focales, así como información geográfica de los monitoreos periódicos de fauna silvestre y de los individuos de fauna reubicados y sus áreas de liberación.
<b>Medio biótico</b>	Se ha evidenciado un incremento en el atropellamiento de diversas especies en el área regionalizada, debido a que sus hábitats se ven fragmentados por la ejecución de proyectos y el desarrollo de distintas actividades. Esto ha generado implicaciones en procesos de migración, dispersión y comportamiento, entre otros.	Se recomienda analizar los datos de atropellamiento de fauna y con base en los resultados, establecer los ajustes a las medidas implementadas mediante seguimiento. En caso de ser necesario, se aplicarían las siguientes recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de cercado o vallado perimetral, rampas o mecanismos de escape, disuasores artificiales y señalización de advertencia, entre otras.</li> <li>• Adecuar la infraestructura vial mediante pasos de fauna superiores o aéreos, así como la adaptación de obras hidráulicas que funcionen como pasos subterráneos.</li> <li>• Establecer un programa de monitoreo continuo con cámaras trampa para identificar qué especies utilizan los cruces y cómo varía su uso en diferentes temporadas climáticas, con el fin de evaluar la efectividad de los pasos de fauna</li> </ul>	Mitigar el atropellamiento de especies clave dentro del área regionalizada, con énfasis en aquellas de gran importancia ecológica, como el oso hormiguero gigante ( <i>Myrmecophaga tridactyla</i> ), y priorizar la conservación tanto de las especies como de la conectividad ecológica funcional.
<b>Medio biótico</b>	Se idéntico que algunos taxones han sido reportados en comunidades que no corresponden a su naturaleza o características ecológicas (especies de peces reportadas en perifiton)	Se sugiere solicitar por parte del grupo de seguimiento a las sociedades revisar las asignaciones de taxones a comunidades específicas y asegurar que los taxones reportados se ajusten a las comunidades ecológicas documentadas.	Mejorar la calidad y precisión de la información y que esta refleje adecuadamente las características ecológicas de los hábitats. Esto asegurará la correcta interpretación y comparabilidad de los datos.
<b>Medio biótico</b>	Se identificaron diferencias e inconsistencias taxonómicas entre expedientes para todos los grupos en ecosistemas acuáticos.	Se recomienda realizar una revisión exhaustiva de la taxonomía reportada, utilizando las guías taxonómicas actualizadas y consultando con expertos en cada grupo. Es fundamental asegurar que las identificaciones taxonómicas sean precisas y estén actualizadas para evitar errores en la interpretación	Asegurar la precisión y la consistencia en la identificación de grupos de organismos, minimizando las incongruencias que puedan afectar la interpretación de los datos principalmente en el grupo de hidrobiológicos.



<p><b>Medio Biótico</b></p>	<p>Se ha evidenciado un incremento en el ruido por proyectos que están operando en el área regionalizada.</p>	<p>Considerar revisar los datos de ruido obtenidos mediante el seguimiento, así como los modelos asociados, con el fin de verificar si existen parches de hábitat que pudieran estar siendo afectados. En caso de identificarse un impacto no previsto, se propone monitoreos adicionales de fauna en estos puntos, ya sea mediante métodos tradicionales o con bioacústica, con el fin de determinar cambios en la fauna en relación con la fluctuación de niveles del ruido generados por el proyecto.</p>	<p>Realizar una caracterización e implementar monitoreos de acústica pasiva y estimar distribución, abundancia y comportamiento de estas especies, en aras de prevenir y mitigar impactos por ruido antropogénico sobre estas especies.</p>
<p><b>Medio Biótico</b></p>	<p>Se ha evidenciado la superposición o influencia de proyectos licenciados sobre áreas de conectividad funcional para especies clave dentro de área de importancia ecológica.</p>	<p>Se recomienda realizar un análisis de seguimiento, que permita determinar si el proyecto genera afectaciones sobre las especies. En caso de evidenciarse impactos se sugiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar medidas de protección y conservación en áreas donde se distribuye las especies y en aquellas con alta probabilidad de conectividad ecológica.</li> <li>- También se recomienda formular planes de manejo orientados a proyectos prospectivos de mejoramiento de hábitat, restauración y fortalecimiento de la conectividad ecológica dentro de ecosistemas clave. Finalmente, se debe evaluar el otorgamiento de permisos de aprovechamiento forestal en zonas de alta importancia para las especies.</li> <li>- Así mismo, la selección de áreas para la reubicación de fauna debe garantizar la supervivencia y viabilidad de los individuos traslocados, haciendo énfasis en los requerimientos de hábitat específicos para cada especie.</li> <li>- Por último, se recomienda contar con protocolos de atención veterinaria para la atención de individuos que lo requieran, en los eventos de reubicación y ahuyentamiento de fauna. Estos protocolos deben incluir evaluación y atención veterinaria, dietas adecuadas de acuerdo con la especie y disponer de sitios adecuados de reposo y rehabilitación</li> </ul>	<p>Prevenir la fragmentación y pérdida de hábitat de especies clave en los ecosistemas y con ello, mantener y mejorar la conectividad funcional. Así como garantizar la supervivencia y viabilidad de los individuos que serán traslocados durante las fases de construcción de los proyectos</p>
<p><b>Medio Biótico</b></p>	<p>Se ha evidenciado un incremento en el atropellamiento de diversas especies en el área regionalizada, debido a que sus hábitats se ven fragmentados por la ejecución de proyectos y el desarrollo de distintas actividades. Esto ha generado implicaciones en procesos de migración, dispersión y comportamiento, entre otros.</p>	<p>Se recomienda realizar un análisis vía seguimiento para corroborar la afectación de las especies de fauna por atropellamiento. En caso de evidenciarse este impacto, se deberían implementar medidas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de cercado o vallado perimetral, rampas o mecanismos de escape, disuasores artificiales y señalización de advertencia, entre otras.</li> <li>• Adecuar la infraestructura vial mediante pasos de fauna superiores o aéreos, así como la adaptación de obras hidráulicas que funcionen como pasos subterráneos.</li> <li>• Establecer un programa de monitoreo continuo con cámaras trampa para identificar qué especies utilizan los cruces y</li> </ul>	<p>Mitigar el atropellamiento de especies clave dentro del área regionalizada, con énfasis en aquellas de gran importancia ecológica, como el oso hormiguero gigante (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>), y priorizar la conservación tanto de las especies como de la conectividad ecológica funcional.</p>



		cómo varía su uso en diferentes temporadas climáticas, con el fin de evaluar la efectividad de los pasos de fauna	
<b>Cambio climático: mitigación y adaptación</b>	<p>En el seguimiento se identificó que, salvo el expediente LAM0019, todos los proyectos con obligación de cambio climático incorporan la variable de adaptación en el Plan de Gestión de Cambio Climático (PGCC), la cual comprende: (i) modelaciones de cambio y variabilidad climáticos; (ii) identificación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos climáticos; y (iii) definición de medidas de adaptación con indicadores verificables de implementación. Asimismo, con base en el análisis de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo (AVR), se estableció que varias infraestructuras licenciadas (LAM4795 - Quifa, LAV0011-14, LAV0021-00-2023 y LAV0041-13) se ubican en zonas clasificadas con amenaza muy alta de inundación, lo que incrementa de manera significativa el nivel de riesgo de afectación.</p>	<p>Fortalecimiento de instrumentos de apoyo. Se mantendrá el Portafolio de Buenas Prácticas de Adaptación como referente técnico sin modificar su alcance. Las orientaciones diferenciadas por zonificación de riesgo (AVR) —incluida la priorización de medidas y criterios de implementación— se desarrollarán en un instrumento complementario de “Lineamientos de evaluación en cambio climático” dirigido a usuarios externos, articulado con el PGCC y el árbol de decisión para la imposición de la obligación.</p>	<p>Incorporar de forma efectiva la dimensión climática en el seguimiento ambiental para reducir la vulnerabilidad de proyectos y comunidades frente a eventos extremos, disminuir la exposición al riesgo en infraestructura crítica y fortalecer la resiliencia territorial, asegurando el cumplimiento de la Sentencia C-280/2024 y de los compromisos de Colombia (NDC, ODS 13 y 15, y Meta 30x30), mediante la verificación sistemática de modelaciones de cambio y variabilidad climática, del análisis AVR y de la implementación y trazabilidad de medidas de adaptación priorizadas por nivel de riesgo.</p>

## C. RECOMENDACIONES DE CARÁCTER REGIONAL PARA EXTERNOS

Medio/ Componente	Situación evidenciada	Recomendaciones Regionales	Objetivo
<b>Medio Socioeconómico</b>	Agencia Nacional de Tierras (ANT): Superposición de usos y disputas por la tenencia de tierras en territorios indígenas y campesinos.	Acelerar procesos de clarificación y titulación de tierras en zonas con conflictividad socioambiental.	Reducir disputas y facilitar acuerdos previos sobre uso de recursos naturales.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Defensoría del Pueblo y Procuraduría (delegada ambiental y agraria): Conflictos socioambientales asociados a percepción de participación limitada y afectación de derechos colectivos.	Reforzar acompañamiento preventivo y mediación intercultural en zonas con proyectos estratégicos, vigilando participación y consulta previa.	Proteger derechos colectivos y garantizar procesos participativos inclusivos y transparentes.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Empresas titulares de licencias (hidrocarburos, agroindustria, forestal): Reclamos comunitarios por falta de información clara sobre cumplimiento del 1%, compensaciones y monitoreos.	Establecer mesas de diálogo social permanentes y reportar públicamente avances en obligaciones ambientales.	Mejorar transparencia empresarial y reducir percepciones de incumplimiento frente a comunidades.
<b>Medio Socioeconómico</b>	Corporaciones Autónomas Regionales (CORMACARENA, CDA): Falta de integración de información y monitoreo fragmentado entre instituciones.	Coordinar acciones de monitoreo conjunto en áreas de traslape de proyectos, con énfasis en fuentes hídricas y acuíferos.	Generar información consolidada para gestionar impactos acumulativos.
<b>Componente Hídrico Subterráneo</b>	Potencial sismicidad inducida debido a actividades de inyección.	<p>A la ANH como autoridad encargada de promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos hidrocarburíferos del país, y siendo esta la que otorga el permiso para realizar actividades de inyección al subsuelo, y sus características operativas, tener en cuenta los factores que pueden desencadenar sismicidad inducida al momento de evaluar este tipo de autorizaciones, tal como se ha expuesto en el presente Reporte de Análisis Regional.</p> <p>Asimismo, al SGC como entidad cuyo objetivo es realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo, así como adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico, entre otros, se recomienda llevar a cabo investigaciones en el territorio colombiano donde se estudie la forma mediante la cual actividades antrópicas pueden conllevar al desencadenamiento de eventos sísmicos. Además, teniendo en cuenta la información de la Red Sismológica Nacional, generar alertas de sismicidad inducida al momento de presentarse esta.</p>	<p>Prevenir y/o mitigar la ocurrencia de sismicidad inducida y sus consecuencias a nivel físico y social.</p> <p>Profundizar en el conocimiento geocientífico alrededor de la ocurrencia de sismicidad inducida, de tal manera que contribuya a la toma de decisiones en el territorio nacional.</p>

<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Se evidencian condiciones ácidas en las tres SZH, con promedios anuales de pH por debajo del límite normativo. Esta situación aumenta la solubilidad de metales y puede afectar la reproducción y crecimiento de organismos acuáticos.</p>	<p>Implementar programas de restauración de suelos y control de erosión, reducir el uso indiscriminado de agroquímicos y promover prácticas agrícolas sostenibles</p>	<p>Reducir las fuentes antrópicas que generan incrementos de acidez en el recurso hídrico superficial con el fin de prevenir impactos en la biodiversidad acuática y en la disponibilidad del recurso.</p>
<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Se evidencia Contaminación microbiológica por Coliformes Totales, en varios años y subzonas, los registros superan ampliamente el límite normativo de 1.000 NMP/100 mL, lo que refleja descargas recurrentes de aguas residuales sin tratamiento adecuado.</p>	<p>Se recomienda verificar con los municipios y empresas que se lleve a cabo la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con operación eficiente, fortalecer la vigilancia a vertimientos ilegales y promover sistemas descentralizados de saneamiento en áreas rurales.</p>	<p>Reducir la contaminación microbiológica para proteger la salud pública y garantizar el cumplimiento de los usos domésticos y recreativos del recurso hídrico.</p>
<p><b>Componente Hídrico Superficial</b></p>	<p>Riesgo de eutrofización por fósforo total elevado: Aunque nitratos y nitritos permanecen en rangos bajos (oligotróficos), el fósforo total se encuentra en condiciones eupolitróficas (0,06–0,09 mg/L), cercanas al límite de politrofia, lo que puede inducir eutrofización en cuerpos de agua con baja renovación.</p>	<p>Implementar buenas prácticas agrícolas que reduzcan la escorrentía de fertilizantes, promover barreras vivas y franjas de protección ribereña, y en la medida de lo posible realizar monitoreo específico de fósforo en zonas vulnerables a la eutrofización.</p>	<p>Prevenir procesos de eutrofización y mantener la productividad primaria del ecosistema en niveles compatibles con la sostenibilidad ecológica.</p>
<p><b>Componente Hídrico Superficial- Cantidad</b></p>	<p>Necesidad de reglas claras para temporadas de restricción basadas en evidencia histórica/modelada; brechas en hidrometría (estiaje y crecientes).</p>	<p>Preparar planes de estiaje con autonomía sustentada en almacenamiento y eficiencia de la demanda. Adecuar captaciones a la doble exigencia: muy bajos en seco / picos en junio. Campañas de uso eficiente y traslado de consumos no esenciales a la temporada de mayor disponibilidad.</p>	<p>Asegurar abastecimiento en estiaje y resiliencia ante crecientes, reduciendo presión en meses críticos</p>
	<p>Caudal base vulnerable; estiaje severo por drenajes y pérdida de conectividad; necesidad de retención intra-anual.</p>	<p>Reforestación con especies nativas y protección y restauración de rondas hídricas y planicies de inundación. Control y adecuación de drenajes (viales y prediales) que aceleran el vaciado en seco Reconexión hidráulica de morichales y brazos secundarios. Alinear compensaciones y acuerdos de conservación; medir con indicadores: km de ronda restaurada, ha reconectadas, conexiones reabiertas.</p>	<p>Sostener el caudal base, suavizar la estacionalidad y reducir la frecuencia de temporadas restrictivas.</p>
	<p>Proyecciones indican tendencia a la baja; el SSP5-8.5 (4ª Comunicación) es pesimista.</p>	<p>Tratar el régimen como no estacionario: incorporar régimen por décadas y bandas de incertidumbre (mínimos de estiaje, medios y periodos de mayor disponibilidad). Usar SSP5-8.5 como prueba de estrés y complementar con escenario intermedio para decisiones robustas.</p>	<p>Mantener instrumentos vigentes y adaptativos</p>

		Cláusula quinquenal: ajustar umbrales con base en seguimiento (campañas en temporada húmeda y estiaje) y actualización de escenarios.	
<b>Medio Biótico</b>	Se ha evidenciado un incremento en el atropellamiento de diversas especies en el área regionalizada, debido a que sus hábitats se ven fragmentados por la ejecución de proyectos y el desarrollo de distintas actividades. Esto ha generado implicaciones en procesos de migración, dispersión y comportamiento, entre otros.	<p>Promover la implementación de medidas de prevención y mitigación orientadas a mitigar el atropellamiento de fauna, tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de sistemas de control físico como cercados o vallados perimetrales, rampas o mecanismos de escape, disuasores artificiales y señalización de advertencia.</li> <li>• Adecuar la infraestructura vial mediante pasos de fauna superiores o aéreos, así como la adaptación de obras hidráulicas que sirvan como pasos subterráneos, facilitando el tránsito seguro de la fauna.</li> <li>• Implementar programas de monitoreo continuo mediante cámaras trampa y registros georreferenciados de atropellamientos, con el fin de identificar las especies más afectadas, los tramos críticos y la variación temporal del riesgo, permitiendo evaluar la efectividad de las medidas adoptadas.</li> </ul>	Mitigar el atropellamiento de especies clave dentro del área regionalizada, con énfasis en aquellas de gran importancia ecológica, como el oso hormiguero gigante ( <i>Myrmecophaga tridactyla</i> ), y priorizar la conservación tanto de las especies como de la conectividad ecológica funcional.
<b>Medio Biótico</b>	Se ha evidenciado la superposición o influencia de proyectos y/o actividades sobre áreas de conectividad funcional para especies clave dentro de área de importancia ecológica.	<p>Se recomienda establecer medidas específicas para la protección y conservación de los hábitats y corredores ecológicos identificados dentro del área de influencia de los proyectos. Así como:</p> <p>Implementar planes de manejo orientados a la restauración del hábitat y al fortalecimiento de la conectividad ecológica.</p> <p>Restringir o reevaluar permisos de aprovechamiento forestal en zonas críticas para el desplazamiento y permanencia de especies.</p> <p>Seleccionar sitios de reubicación que aseguren la supervivencia de la</p>	Prevenir la fragmentación y pérdida de hábitat de especies clave en los ecosistemas y con ello, mantener y mejorar la conectividad funcional. Así como garantizar la supervivencia y viabilidad de los individuos que serán traslocados durante las fases de construcción de los proyectos

		<p>fauna traslocada, considerando sus requerimientos de hábitat.</p> <p>Aplicar protocolos veterinarios durante las actividades de reubicación o ahuyentamiento, garantizando atención, alimentación y rehabilitación adecuadas.</p>	
<p><b>Cambio climático: mitigación y adaptación</b></p>	<p>En el área de estudio se proyectan aumentos de 3 a 5 °C en la temperatura media anual hacia finales de siglo (2080–2100, SSP5-8.5), junto con mayor variabilidad en la precipitación, más periodos secos y eventos extremos intensificados. Estos cambios aumentan la vulnerabilidad de los recursos hídricos —ya críticos en estiaje según IACAL—, presionan a los ecosistemas fragmentados y afectan a comunidades dependientes de actividades sensibles al clima como agricultura, ganadería y abastecimiento de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integración de escenarios climáticos en la planificación territorial: promover que los POT, POMCA y planes de desarrollo departamentales incorporen las proyecciones climáticas regionales (IDEAM, Cuarta Comunicación), para orientar la localización de proyectos, infraestructura y usos del suelo bajo un enfoque de adaptación.</li> <li>Adaptación en recursos hídricos: priorizar la conservación de áreas de recarga, la restauración de coberturas en microcuencas estratégicas y la gestión de caudales ecológicos, anticipando déficits de agua en periodos secos.</li> <li>Fortalecimiento de capacidades institucionales y locales: capacitar a autoridades ambientales, alcaldías y comunidades en gestión del riesgo climático, con énfasis en protocolos frente a sequías, incendios forestales y pérdida de biodiversidad.</li> <li>Monitoreo climático y ambiental articulado: consolidar redes de observación climática, hidrológica y ecológica con cobertura regional, integrando información de IDEAM, CAR y universidades, para el seguimiento continuo de las señales de cambio climático.</li> </ul>	<p>Orientar la gestión ambiental regional hacia la reducción de vulnerabilidades y la prevención de riesgos climáticos, asegurando que los procesos de planificación y toma de decisiones incorporen criterios de adaptación al cambio climático y protección de los recursos naturales.</p>



## XXI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Augusto F. Mendonça & John E. Tilton (2000). A contingent valuation study of the environmental costs of mining in the Brazilian Amazon, *Minerals & Energy - Raw Materials Report*, 15:4, 21-32, DOI: 10.1080/14041040009362570
- Mongabay Latam y Liga Contra el Silencio. (2021, Enero 7). *Rutas del Conflicto*. Retrieved from <https://rutasdelconflicto.com/notas/los-menonitas-acumulan-los-llanos-tierra-pasado-turbio>
- (INDEPAZ), I. d. (2025). *INDEPAZ*. Retrieved from <https://indepaz.org.co/informe-de-masacres-en-colombia-durante-el-2020-2021/comment-page-4/>
- (UNODC), M. d. (2015). *Caracterización Regional de la problemática asociada a las drogas ilícitas en el departamento del Vichada*. Bogotá: Ministerio de Justicia y UNODC.
- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2025, Junio 16). Retrieved from <https://www.ant.gov.co/prensa/noticias/mas-de-4600-hectareas-ocupadas-indebidamente-en-puerto-gaitan-meta-fueron-entregadas-voluntariamente-a-la-ant>
- Agrosavia. (2020). *Caracterización de sistemas productivos en la Orinoquia*. Bogotá: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Alcaldía de Puerto Gaitán. (2024). *Plan de Desarrollo: Juntos lo hacemos posible*. Puerto Gaitán: Concejo Municipal de Puerto Gaitán.
- Alerta Temprana de Inminencia 017-24 (Cumaribo, Vichada). Defensoría del Pueblo. (2024, Julio 30). *Vichada al día*.
- Ana María Martínez Cifuentes. (2022). *Universidad Externado de Colombia*. Retrieved from <https://www.studocu.com/co/document/universidad-externado-de-colombia/planeacion-para-el-desarrollo/tesis-acceso-a-tierras-en-cumaribo-vichada/67582243>
- ANH. (2012). CUENCA LLANOS ORIENTALES.
- ANLA. (2020, Marzo). Reporte de Alertas Subzonas Hidrográficas del Alto Vichada, Río Guarrojo y Río Muco (SZH-AVRM).
- ANLA. (2024, Octubre). Estado de los recursos naturales de la Estrategia de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en las subzonas hidrográficas Alto Vichada, río Guarrojo y río Muco – AVRGM.
- ANLA. (2024, Septiembre). Estrategias de monitoreo regional del recurso hídrico superficial en la cuenca del río Tillavá – departamento del Meta, aplicación fase IV – análisis de datos (2020-2023). p. 38. Retrieved from <https://www.anla.gov.co/images/entidad/sipta/2025-04-21-anla-Estrategia-IERRNN-Tillava-2024.pdf>
- BID Invest. (2023). *Guía Práctica para la Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos en América Latina y El Caribe*. (B. I. Desarrollo, Ed.) Washington, D.C.: BID. Retrieved from <https://www.idbinvest.org/es/publicaciones/guia-practica-para-la-evaluacion-y-gestion-de-impactos-acumulativos-en-america-latina>
- Biocarbono. (2021). *Intensidad de emisiones por unidad de producto de la ganadería bovina en Colombia. Programa Biocarbono*. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, FAO, PNUD.
- Chapman, D. (. (1996). Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring (2nd ed.). *E & FN Spon, on behalf of UNESCO, WHO, & UNEP.*, 609. Retrieved from [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41850/0419216006\\_eng.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/41850/0419216006_eng.pdf)
- Corporinoquia & Fundación Omacha. (2019). *Diagnóstico ambiental de ecosistemas acuáticos en la Orinoquia colombiana*. Yopal: Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – Fundación Omacha.



- Cuadrado, L. F. (2017). *Concepciones y prácticas alimentarias asociadas al cuidado de la mujer en la Medicina Tradicional Sikvani del Resguardo Wacoyo de Puerto Gaitán-Meta*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Dasilva, A., Gomez, Y., Villa, M., Yoris, F., & Morales, D. (2013). Oil Distribution in the Carbonera Formation, Arenas Basales Unit. A Case Study in the Quifa and Rubiales Fields, Eastern Llanos Basin, Colombia.
- Duarte, E., Bayona, G., Jaramillo, C., Parra, M., Romero, I., & Mora, J. (2017). Identificación de los máximos eventos de inundación marina Miocenos y su uso en la correlación y análisis de la cuenca de antepaís de los Llanos Orientales, Colombia.
- Ecopetrol S.A. (2019). *Estudio de impacto ambiental para la modificación de la licencia ambiental del campo Rubiales: Resumen ejecutivo*. Bogotá D.C, Colombia: Empresa Colombiana de Petróleo S.A.
- Edwin Andrés Forero Cifuentes, O. D. (2023, Diciembre). *Conflictos por el uso y ibtención de tierras en la Altillanura colombiana, municipio de Puerto Gaitán*. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibphhttps://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59307/odyepesp.pdf?sequence=1
- Ellsworth, W. (2013). Injection-Induced Earthquakes. *Science*.
- Fedepalma. (2021). *Guía ambiental de la agroindustria de palma de aceite*. Bogotá D.C, Colombia: Fedepalma.
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., & Michaelsen, J. (2015). *The Climate Hazards Infrared Precipitation with Stations—A new environmental record for monitoring extremes*. Londres, Reino Unido.: Scientific Data. Nature Publishing Group. doi:https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66
- Funk, C., Peterson, P., Landsfeld, M., Pedreros, D., Verdin, J., Shukla, S., & Michaelsen, J. (2019). *The Climate Hazards Infrared Temperature with Stations – Data for monitoring global temperature extremes*. Londres, Reino Unido: Scientific Data. Nature Publishing Group. doi:https://doi.org/10.1038/s41597-019-0056-5
- Gómez, P. N. (2018). *Transformaciones territoriales: ganadería y agroindustria en Vichada (Colombia)*. Colombia: Repositorio Universidad Libre.
- Gómez-Alba, S., Fajardo-Zárate, C., & Vargas, C. (2016). Stress field estimation based on focal mechanisms and back projected imaging in the Eastern Llanos Basin (Colombia). *Journal of South American Earth Sciences*.
- Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E., & Engen-Skaugen, T. (2012). *Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations – a comparison of methods*. Gotinga, Alemania.: Hydrology and Earth System Sciences. European Geosciences Union. doi:https://doi.org/10.5194/hess-16-3383-2012
- Guevara, R. M. (2021). ASOPESGA: Estudio de caso de piscicultura sostenible en el río Manacacías (Puerto Gaitán, Meta). Ponencia presentada en la World Aquaculture Society. World Aquaculture Society.
- Huertas, A. H., Baptiste, B. B., Toro, M. M., Lencinas, M. V., Martínez, G. P., & Huertas, H. R. (2021). Changes in Vegetation of Flooded Savannas Subject to Cattle Grazing and Fire in Plains of Colombia. *Land*, 14.
- IDEAM. (2015). *Caracterización Climática de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- IDEAM. (2015). *Guía para el manejo, control de calidad y análisis de datos meteorológicos*. Bogotá, Colombia.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2017). *Estudio del recurso eólico y solar en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- IDEAM. (2018). *Estudio nacional de aguas subterráneas: calidad, disponibilidad y riesgos de contaminación*. Bogotá d.c, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.



- IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2018). Estudio Nacional del Agua; Zonas Potenciales de Recarga de Agua Subterráneas.
- IDEAM. (2020). *Boletín AT-D y análisis de causas de deforestación a nivel nacional*. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2021). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- IDEAM. (2022). Estudio Nacional del Agua.
- IDEAM. (2023). *Actualización de las cifras de monitoreo de la superficie de bosque y la deforestación - Año 2022*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2023). *Boletines de Detección Temprana de Deforestación - DTD*. Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Instituto Humboldt. (2022). *Biodiversidad 2022. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Instituto Humboldt. (2022). *Transformación de sabanas en la Orinoquia (2014–2020)*. Bogotá D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Instituto Humboldt. (2019). *Evaluación de presiones sobre el agua y ecosistemas acuáticos de la Orinoquia. En Reporte de Estado y Tendencias de la Biodiversidad 2019*. Bogotá D.C, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Kivi, I., Boyet, A., Wu, H., Walter, L., Hanson-Hedgecock, S., Parisio, F., & Vilarrasa, V. (2023). Global physics-based database of injection-induced seismicity.
- Martinez, B. (2013). Análisis de la Incertidumbre en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia desde el Enfoque de los Sistemas Complejos. *Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia*, 143.
- Ministerio de Agricultura. (2019). *Boletín Estadístico de Palma de Aceite*. Bogotá D.C, Colombia: Ministerio de Agricultura.
- Ministerio de Justicia y del Derecho y Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2023). *Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC)*. Retrieved from [https://biesimci.org/fileadmin/2025/documentos/Informe\\_de\\_Monitoreo.pdf](https://biesimci.org/fileadmin/2025/documentos/Informe_de_Monitoreo.pdf)
- Molina, I., Velásquez, J., Rubinstein, J., García, A., & Dionicio, V. (2020). Seismicity induced by massive wastewater injection near Puerto Gaitán, Colombia. *Geophysical Journal International*.
- Mongabay, L. (2024, Julio 1). *Mongabay Latam*. Retrieved from Mongabay Latam: <https://es.mongabay.com/2024/07/colombia-continua-odisea-del-pueblo-indigena-sikuani-para-recuperar-su-territorio-en-el-meta/>
- Mosquera, F. G., Trujillo, F., Usma, J. S., & Ajiaco, R. M. (2016). *Efectos de la transformación del paisaje sobre la hidrobiota de la Orinoquia*. Bogotá: Revista Colombiana de Ciencias Ambientales.
- Mosquera, F. G., Usma, J. S., & Trujillo, F. (2015). *Estado de conservación de peces y ecosistemas dulceacuícolas en la Orinoquia colombiana*. Colombia: WWF.
- Poveda, G. (2004). *La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala interanual hasta la milenaria*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.



- Poveda, G., Mesa, O. J., & Salazar, L. F. (2006). *La influencia de la Zona de Confluencia Intertropical en la hidroclimatología de Colombia*. Bogotá, Colombia.: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Reyes, M. P. (2025). *Estudio de variabilidad de temperatura superficial en un clima tropical andino: efectos de humedad y cobertura nubosa*. Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario, Colombia.
- Rivera, M., Anézquita, E., Bernal, J. H., & Rao, J. M. (2010). *Las Sabanas de los Llanos Orientales de Colombia: Caracterización Biofísica e Importancia para la Producción Agropecuaria*. Villavicencio, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Rojas, M., Pabón, J. D., & Mesa, O. J. (2020). *Variabilidad y cambio climático en Colombia: tendencias, proyecciones y riesgos*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia / IDEAM.
- Rolán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2022). Fundamentos de limnología neotropical. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 3º.
- Rutas del Conflicto. (2022, Noviembre 17). *Rutas del Conflicto*. Retrieved from <https://rutasdelconflicto.com/notas/colombia-escasez-agua-palma-petroleo-puerto-gaitan>
- SGC. (2015). Mapa Geológico de Colombia.
- Trenberth, K. E., Dai, A., Schrier, G., Jones, P., Barichivich, J., Briffa, K., & Sheffield, J. (2017). *Global warming and changes in drought*. *Nature Climate Change*. Londres, Reino Unido: Nature Publishing Group. doi: <https://doi.org/10.1038/nclimate2067>
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (2022). pH (Chemicals: Water quality). *CADDIS Volume 2: Sources, stressors & responses*. U.S. Environmental Protection Agency. Retrieved from <https://www.epa.gov/caddis/ph>
- UNAD. (2021). *El reto de conservar y producir en la Orinoquia*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia .
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria-UPRA. (2023, Agosto). . *Priorización de alternativas productivas agropecuarias y diagnóstico de mercados para el departamento de Vichada*. Retrieved from [chrome-extension://efaidnbmnhnhttps://upra.gov.co/Kit\\_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/VICHADA/Priorizaci%C3%B3n%20de%20Alternativas%20Productivas%20Agropecuarias%20y%20Diagn%C3%B3stico%20de%20Mercados%20para%2](chrome-extension://efaidnbmnhnhttps://upra.gov.co/Kit_Territorial/2-%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/VICHADA/Priorizaci%C3%B3n%20de%20Alternativas%20Productivas%20Agropecuarias%20y%20Diagn%C3%B3stico%20de%20Mercados%20para%2)
- Unidad de Restitución de Tierras (URT). (2025). Retrieved from <https://www.urt.gov.co/>
- Unidad de Restitución de Tierras (URT). (2025). Retrieved from <https://www.urt.gov.co/>
- Universidad Externado de Colombia. (2023). *Análisis socioambiental del Vichada*.
- WMO. (2017). *Guide to Climatological Practices*. Ginebra, Suiza.: World Meteorological Organization.
- WWF. (2020). *Presiones sobre humedales y sabanas inundables en la Orinoquia colombiana*. Bogotá D.C, Colombia: World Wide Fund for Nature.
- Yeo, I., Brown, M., Ge, S., & Lee, K. (2020). Causal mechanism of injection-induced earthquakes through the Mw 5.5 Pohang earthquake case study. *Nature Communications*.
- Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G., Jones, P., Klein Tank, A., Peterson, T., & Zwiers, F. (2017). *Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data*. John Wiley & Sons, Hoboken, Estados Unidos: Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change.