

Evaluación del impacto ambiental derivado de la contaminación del Caño Usivar en el tramo que
atraviesa la vereda San Rafael de Morichal del municipio de Yopal, Casanare

Presentado Por:

Xiomara Santos Cotinchara

Trabajo De Grado

Presentado A:

Martha Custodia Lamprea Zona

Facultad De Ciencia Y Tecnología, Universidad Santo Tomás

Maestría En Gestión De Cuencas Hidrográficas

Marzo de 2026.

Tabla de Contenido

Índice de siglas.....	6
Resumen	7
1. Introducción.....	9
2. Planteamiento Del Problema.....	11
2.1. Pregunta Problema.....	13
3. Objetivos.....	13
3.1. Objetivo General.....	13
3.2. Objetivos Específicos	14
4. Justificación	14
5. Viabilidad De La Investigación	17
6. Hipótesis Y Variables.....	18
7. Marco referencial.....	19
7.1. Antecedentes.....	19
7.2. Marco Teórico	29
7.3. Marco Conceptual.....	33
7.4. Marco Legal.....	39
7.5. Marco Contextual	41
8. Metodología.....	44
8.1. Tipo Y Diseño De La Investigación	45
8.2. Enfoque De La Investigación	45
8.3. Tipo de Investigación	46
8.4. Diseño y Alcance:.....	46

8.5. Población y Muestra	47
8.7. Fase 1: Análisis de las Fuentes de Contaminación y sus Efectos Sobre el Ecosistema y la Población:	49
8.8. Fase 2: Evaluación de los Impactos Ambientales Significativos:.....	51
8.9. Fase 3: Formulación de estrategias de prevención, mitigación y corrección:.....	53
9. Resultados.....	54
9.1. Fuentes de Contaminación, Efectos en el Ecosistema y la Población Aledaña del Caño Usivar en el Tramo que Atraviesa San Rafael De Morichal del Municipio de Yopal, para el Año 2024. (Objetivo 1)	54
9.2. Impactos Ambientales Más Significativos. (Objetivo 2)	80
9.2.1. Impactos Primarios Y Secundarios	95
9.3. Estrategias De Prevención, Mitigación Y Corrección De Los Impactos Evaluados Para El Área De Influencia Del Caño Usivar. (Objetivo 3)	97
9.3.1. Medidas de Manejo de residuos solidos	99
9.3.2. Causas de la Disposición Inadecuada	101
9.3.3. Efectos Ambientales y Sanitarios Asociados	102
9.3.4. Objetivo de las Medidas de Manejo	103
9.3.5. Fichas de Medidas de Manejo Ambiental.....	104
9.3.6. Ficha RS-01: limpieza y recuperación de la ronda hídrica	104
9.3.7. Ficha RS-02: ampliación de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos....	106
9.3.8. Ficha rs-03: programa de separación en la fuente y educación ambiental.....	107
9.3.9. Ficha rs-04: control, vigilancia y sanción de la disposición ilegal de residuos	109
9.3.10. Ficha rs-05: gestión diferenciada de residuos especiales y peligrosos	111
9.3.11. Programa de recolección y transporte de residuos sólidos en el área de influencia	112
9.3.12. Plan de Seguimiento y Monitoreo	113
9.3.13. Cronograma de Implementación	114

9.3.14.	Actores institucionales y comunitarios	116
10.	Resultados Esperados De Las Estrategias Propuestas	117
11.	Conclusiones	118
12.	Recomendaciones.....	121
13.	Bibliografía	124
14.	Anexos	130

Índice de figuras

Figura 1. Mapa del terreno estudiado	41
Figura 2. Tiempo de residencia de la comunidad en la zona.	55
Figura 3 Percepción del estado del caño Usivar - Yopal.....	56
Figura 4 Comunidad del área de influencia directa al caño Usivar	57
Figura 5 Condiciones post-vertimiento de la PTAR en el caño Usivar.....	58
Figura 6 Vertimiento de residuos sólidos en el caño Usivar – Yopal.....	60
Figura 7. Tiempo previsto por la comunidad frente a la contaminación del caño Usivar	62
Figura 8 Cambios en la vegetación, fauna y/o calidad del agua.....	64
Figura 9 Deforestación en la ronda hídrica del caño Usivar.....	66
Figura 10 Alteraciones observadas en el caño Usivar – Yopal, Casanare.....	68
Figura 11 Vertimientos de residuos de residuos sólidos especiales en la ronda del caño Usivar .	68
Figura 12 Percepción de contaminación	69
Figura 13 Presencia de enfermedades asociadas a la contaminación del agua	71
Figura 14 Actividades realizadas en el caño Usivar	74
Figura 15 Percepción comunitaria sobre acciones instituciones.....	75
Figura 16. Participación de la comunitaria frente a la problemática ambiental.....	77
Figura 17. Medidas para mejorar la contaminación ambiental.....	79

Lista de Tablas

Tabla 1 Marco legal aplicable al presente proyecto de investigación.....	39
Tabla 2 Matriz CONESA	83
Tabla 3 Escala de ponderación matriz Conesa Fernández	84
Tabla 4 Criterios de evaluación de impactos ambientales y su valoración	85
Tabla 5 Resultado de evaluación de impacto ambiental.	89
Tabla 6 Análisis matriz 2 causa-efecto	93
Tabla 7 Estrategias de prevención, mitigación y corrección de los impactos evaluados.....	97
Tabla 8 Clasificación de residuos sólidos identificados en el caño Usivar.....	100
Tabla 9 Componentes del programa de recolección y transporte de residuos sólidos.....	113
Tabla 10 Cronograma de implementación de medidas de manejo de residuos sólidos	114

Índice de siglas

(JAC)	Juntas de Acción Comunal
(PTAR)	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Yopal
ONG	Organización No Gubernamental
EAAAY	Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Yopal
PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
(REP)	sistemas de responsabilidad extendida del productor
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
RAEE	Residuos de Aparato Eléctricos y Electrónicos

Resumen

El caño Usivar, en el tramo que atraviesa la vereda San Rafael de Morichal del municipio de Yopal, Casanare, presenta desde hace más de treinta años un grave proceso de contaminación ambiental, ocasionado por el vertimiento continuo de aguas residuales domésticas e industriales, sin tratamiento adecuado; el objetivo de este estudio fue evaluar los impactos ambientales ocasionados por la contaminación del caño Usivar; la metodología tiene enfoque descriptivo y cuantitativo, basada en revisión documental de normativa ambiental vigente, análisis de informes técnicos de monitoreo realizados por Corporinoquia entre 2018 y 2024, trabajo de campo y recopilación de percepciones comunitarias; los resultados evidencian concentraciones elevadas de DBO₅ y DQO, disminución crítica del oxígeno disuelto y una capacidad insuficiente de operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Yopal, lo que confirma el incumplimiento de los estándares de calidad ambiental y explica la proliferación de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y cutáneas en la población expuesta; en conclusión, la problemática responde tanto a fallas técnicas e institucionales como a una débil gestión ambiental, por lo que, se propone una estrategia integral de prevención, mitigación y restauración ecológica con participación comunitaria, orientada a la recuperación del ecosistema, la protección de la salud pública y el fortalecimiento de la gobernanza ambiental local.

Palabras claves: *contaminación, vertimiento, monitoreos, análisis, residuos solidos, planta de tratamiento.*

Abstract

The Usivar stream, in the section that crosses the San Rafael de Morichal village in the municipality of Yopal, Casanare, has suffered from severe environmental pollution for over thirty years, caused by the continuous discharge of untreated domestic and industrial wastewater. The objective of this study was to evaluate the environmental impacts caused by the pollution of the Usivar stream; the methodology has a descriptive and quantitative approach, based on a review of current environmental regulations, analysis of technical monitoring reports carried out by Corporinoquia between 2018 and 2024, fieldwork, and the collection of community perceptions; the results show high concentrations of BOD₅ and COD, a critical decrease in dissolved oxygen, and insufficient operating capacity at the Yopal Wastewater Treatment Plant, confirming non-compliance with environmental quality standards and explaining the proliferation of respiratory, gastrointestinal, and skin diseases in the exposed population; in conclusion, the problem stems from both technical and institutional failures as well as weak environmental management; therefore, an integrated strategy of prevention, mitigation, and ecological restoration with community participation is proposed, aimed at ecosystem recovery, public health protection, and strengthening local environmental governance.

Key words:

pollution, spillage, monitoring, analysis, waste, treatment plant.

Introducción

La problemática ambiental derivada de los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento constituye uno de los desafíos más apremiantes para el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6, por medio del cual se garantiza la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; desde una perspectiva de derechos humanos, el vertimiento incontrolado de aguas residuales viola el derecho al agua y al saneamiento, reconocido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2010.

Este derecho implica acceso a agua suficiente, segura, aceptable, asequible y físicamente accesible (ONU, 2010); sin embargo, la persistencia de vertimientos impide alcanzar estos estándares, afectando especialmente a mujeres, niños y comunidades empobrecidas; más allá del impacto en la salud, los vertimientos debilitan los ecosistemas hídricos al alterar la calidad fisicoquímica del agua y provocar la acumulación de contaminantes orgánicos e inorgánicos, lo que compromete el equilibrio ecológico, el abastecimiento sostenible y el derecho de las futuras generaciones al uso racional del recurso (Organización Mundial de la Salud, 2021).

En Colombia, si bien existe un marco normativo robusto que regula la protección del ambiente y el manejo de vertimientos que está integrado por leyes, decretos y actos legislativos, su aplicación ha enfrentado serias limitaciones, particularmente en contextos rurales y periféricos donde la capacidad institucional, técnica y financiera de las autoridades es reducida; normas como la Ley 99 de 1993, la Ley 142 de 1994 y el Decreto 2667 de 2012 ofrecen herramientas claras para la protección del recurso hídrico; no obstante, su implementación ha sido fragmentada y, en muchos casos, meramente formal.

Esta brecha entre la norma y su aplicación efectiva se refleja de manera crítica en cuerpos de agua que atraviesan zonas periféricas con escasa vigilancia institucional, donde las denuncias comunitarias reiteradas no se traducen en acciones de control y restauración oportunas; en ese contexto se inscribe el caño Usivar, afluente ubicado en la vereda San Rafael de Morichal, municipio de Yopal, Casanare, cuya situación de deterioro progresivo constituye el objeto de estudio del presente proyecto.

Frente a esta problemática, el presente proyecto se propone: (i) identificar las fuentes de contaminación y evaluar sus efectos en el ecosistema y en la población aledaña del caño Usivar en el tramo que atraviesa la vereda San Rafael de Morichal, para el año 2024; (ii) aplicar la Matriz CONESA como metodología de evaluación de impactos ambientales para determinar la

magnitud y significancia de dichos impactos; y (iii) formular estrategias de prevención, mitigación, corrección y restauración ambiental fundamentadas en criterios técnicos, legales y sociales. Con ello, se espera contribuir al fortalecimiento de la gestión ambiental participativa, al cierre de brechas normativas y a la protección efectiva del caño Usivar como bien natural estratégico del municipio.

2. Planteamiento Del Problema

El caño Usivar, que atraviesa la vereda San Rafael de Morichal en el municipio de Yopal, Casanare, presenta un proceso de deterioro ambiental progresivo y documentado que se ha extendido por más de tres décadas sin que las intervenciones institucionales hayan logrado revertirlo de manera efectiva; su degradación no responde a una causa aislada, sino a la confluencia de múltiples presiones como los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento adecuado, acumulación de residuos sólidos y material orgánico que obstruye el cauce, y una gestión ambiental fragmentada que no ha correspondido a la magnitud real del problema.

Desde el punto de vista técnico, los muestreos realizados por la Subdirección de Control y Calidad Ambiental de Corporinoquia en 2013, en puntos estratégicos que incluían la entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), así como tramos aguas arriba y aguas abajo del caño Usivar y del río Charte, evidenciaron porcentajes de remoción del 76,72% para la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), del 75,39% para Sólidos

Suspendidos Totales (SST) y del 72,76% para Grasas y Aceites (Corporinoquia, Exp. 97-1086); aunque estas cifras indican un funcionamiento parcial de la PTAR, también señalan que persiste una carga contaminante significativa que continúa afectando la calidad del agua en los cuerpos receptores (Pinzón, 2018); la contaminación hídrica no siempre es perceptible a simple vista; muchos contaminantes no alteran el color, olor ni sabor del agua, lo que genera una falsa percepción de seguridad en la población usuaria y subraya la necesidad de análisis fisicoquímicos y biológicos sistemáticos (Iberdrola, S.A., s.f.).

Los contaminantes identificados en fuentes hídricas similares comprenden agentes biológicos (bacterias, virus, parásitos), compuestos químicos (nitratos, fosfatos, pesticidas, fármacos), residuos sólidos y, en algunos casos, sustancias de origen industrial; esta diversidad de vectores incrementa la complejidad del diagnóstico y de las estrategias de intervención, ya que las fuentes son tanto domésticas como productivas y su control requiere actuación coordinada entre diferentes actores institucionales (Iberdrola, S.A., s.f.); a nivel global, la contaminación del agua causa más de 500.000 muertes anuales por enfermedades diarreicas, cifra que evidencia que el deterioro hídrico no es únicamente un problema ambiental, sino una amenaza directa a la salud pública (OMS, citada en Iberdrola, S.A., s.f.).

En el ámbito local, la situación del caño Usivar pone de manifiesto dos vacíos críticos; el primero es técnico-operativo, donde pese a la existencia de infraestructura de tratamiento como la planta de tratamiento de aguas residuales – PTAR del municipio de Yopal y el denominado

"emisario final", los niveles de remoción alcanzados son insuficientes para garantizar la calidad mínima del cuerpo receptor; el segundo es institucional, porque a pesar de las denuncias reiteradas de la comunidad del área de influencia a lo largo de décadas, las respuestas han sido tardías, parciales o de carácter meramente formal, lo que revela una capacidad de control y seguimiento limitada por parte de las autoridades ambientales competentes; esta debilidad en la implementación efectiva del marco normativo vigente, ley 99 de 1993, Ley 142 de 1994 y Decreto 2667 de 2012 agrava el deterioro del afluente y perpetúa la vulneración del derecho humano al agua de la población aledaña como en la población san rafael

2.1.Pregunta Problema

Por tal motivo, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿cuáles han sido los impactos ambientales ocasionados por la contaminación del caño Usivar en el tramo que atraviesa San Rafael de Morichal del Municipio de Yopal, Casanare?

3. Objetivos

3.1.Objetivo General

Evaluar los impactos ambientales ocasionados por la contaminación del caño Usivar en el tramo que atraviesa San Rafael de Morichal del Municipio de Yopal, Casanare.

3.2.Objetivos Específicos

- Identificar las fuentes de contaminación, evaluando efectos, tanto en el ecosistema como en la población aledaña del caño Usivar en el tramo que atraviesa San Rafael de Morichal del Municipio de Yopal, para el año 2024.
- Aplicar una metodología de evaluación de impactos ambientales (Matriz CONESA) con el fin de determinar magnitud y significancia de los impactos ambientales generados.
- Formular estrategias de prevención, mitigación, corrección y restauración ambiental, fundamentadas en criterios técnicos legales y sociales, orientadas al mejoramiento de las condiciones ambientales del área de influencia del caño Usivar.

4. Justificación

La conservación de las fuentes hídricas constituye un eje fundamental para el desarrollo sostenible del país, en la medida en que se articula directamente con el derecho al agua consagrado en la Constitución Política de Colombia, Este principio ha sido reafirmado en el Plan Nacional de Desarrollo “Colombia Potencia Mundial de la Vida”, el cual reconoce al agua como elemento estructurante del territorio y como base para la transformación social, ambiental y económica del país.

En este marco, el Gobierno Nacional propone reorganizar el territorio alrededor del agua, lo que implica repensar las dinámicas urbanas, promover una transformación energética y redefinir los sistemas productivos, teniendo como punto de partida la protección y el uso sostenible del recurso hídrico; No obstante, el actual modelo de ordenamiento territorial ha derivado en procesos ambientalmente insostenibles, evidenciados en el creciente estrés hídrico que enfrentan tanto las ciudades como el país en general.

Esta situación hace imperativo revisar los métodos de producción y las lógicas de urbanización, orientándolos hacia esquemas más eficientes, resilientes y respetuosos con el ambiente; En este sentido, si bien Colombia cuenta con un alto potencial energético, resulta indispensable consolidar alternativas de desarrollo que sean limpias y sostenibles, garantizando la protección de las fuentes hídricas como condición esencial para el bienestar presente y futuro de la población. (Departamento Nacional de Planeación. (2023).)

Para el caso del caño Usivar, se busca generar un diagnóstico técnico, ambiental y normativo del estado del caño, que permita sustentar la formulación de estrategias de protección y recuperación ambiental; a través de la investigación también, se pretende aportar información confiable y contextualizada que sirva como base para la toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales, las entidades territoriales y la comunidad local, promoviendo una gestión sostenible del recurso hídrico.

Asimismo, el proyecto quiere fortalecer la gestión ambiental participativa, contribuyendo al cumplimiento del derecho fundamental a un ambiente sano y al uso responsable de los bienes comunes, en concordancia con los principios de sostenibilidad ecológica, corresponsabilidad institucional y justicia social.

Además, la investigación aborda diversas problemáticas interrelacionadas. En primer lugar, enfrenta la contaminación persistente del caño Usivar, derivada de deficiencias en el manejo de vertimientos y residuos sólidos; el monitoreo realizado por Corporinoquia en 2013, citado por Pinzón (2018), evidenció inconsistencias en los caudales de entrada y salida del sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR), así como en las eficiencias de remoción que, aunque técnicamente aceptables, permiten que una carga significativa de contaminantes continúe siendo descargada al cuerpo hídrico.

En segundo lugar, la investigación responde a una problemática de inequidad ambiental, ya que los impactos de la contaminación recaen principalmente sobre comunidades rurales con limitada capacidad de respuesta y adaptación, agravando condiciones de vulnerabilidad social y ambiental; finalmente, el proyecto contribuye a superar vacíos de información técnica y de control y monitoreo ambiental que dificultan la aplicación efectiva de la normativa vigente en Colombia.

El desarrollo del proyecto exige el cumplimiento del marco normativo ambiental colombiano, particularmente la Ley 99 de 1993, el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 0631 de 2015, que regulan la gestión ambiental y establecen los parámetros y límites máximos

permisibles para vertimientos puntuales; asimismo, demanda un enfoque interdisciplinario que integre aspectos técnicos, ecológicos, sociales y jurídicos, así como la articulación entre instituciones y actores locales para garantizar la pertinencia y viabilidad de las propuestas.

A su vez, la investigación se desarrollará mediante una aproximación técnica y analítica al problema, que incluye la evaluación del cumplimiento normativo, la identificación precisa de las fuentes de contaminación, el análisis de las condiciones operativas del sistema de tratamiento de aguas residuales y la valoración de los impactos sobre el ecosistema y la salud pública. Con base en estos resultados, se formularán estrategias integrales de prevención, control, mitigación y corrección, orientadas a la protección y recuperación del caño Usivar.

En definitiva, el proyecto aportará al conocimiento técnico y científico de la problemática ambiental, contribuirá al fortalecimiento de la gestión ambiental territorial, a la toma de decisiones basada en evidencia y a la garantía del derecho a un ambiente sano, conforme al artículo 79 de la Constitución Política de Colombia.

5. Viabilidad De La Investigación

La presente investigación es viable técnica, económica, ética, institucional y temporalmente. Desde el enfoque metodológico, se plantea una estrategia mixta que combina herramientas cualitativas y cuantitativas, como entrevistas, recorridos de campo, matrices de impacto ambiental y análisis normativo, que pueden implementarse sin requerir recursos técnicos complejos. Además, el problema ambiental del caño Usivar ha sido visibilizado por líderes

comunitarios, medios regionales y autoridades locales, lo cual facilita el acceso a fuentes de información y la participación de actores clave.

En cuanto a la viabilidad económica e institucional, el proyecto puede desarrollarse con recursos limitados, y existe la posibilidad de apoyo de entidades como Corporinoquia, la Alcaldía de Yopal, ONGs, empresas privadas o universidades regionales; desde la perspectiva ética, se garantizan principios como el consentimiento informado, la confidencialidad y el respeto por los saberes comunitarios; asimismo, la investigación promueve la articulación entre ciencia y comunidad, fortaleciendo la incidencia ciudadana en la gestión ambiental; en consecuencia, se concluye que el estudio es factible y pertinente para contribuir a la sostenibilidad ecológica, la salud pública y la justicia ambiental en contextos rurales excluidos.

6. Hipótesis Y Variables

Los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento, junto con la acumulación de residuos sólidos en el cauce del caño Usivar (variables independientes), influyen de manera directa y significativa en el deterioro de la calidad ambiental del ecosistema acuático (variables dependientes), evidenciado por el incremento de los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO), la disminución crítica del oxígeno disuelto, la reducción de la biodiversidad acuática, manifestada en la ausencia o disminución de especies indicadoras como peces, anfibios y macroinvertebrados, y la afectación de la salud

pública de la población de la Vereda San Rafael de Morichal, municipio de Yopal, Casanare, reflejada en la aparición de enfermedades asociadas al uso del recurso hídrico, así como en la deficiencia de la calidad de vida de los pobladores por los malos olores y la percepción contaminante que influye en la depreciación de los bienes inmuebles y terrenos del área de influencia directa.

Como consecuencia de esta relación causal entre las variables independientes y dependientes, se plantea que el impacto ambiental acumulado sobre el caño Usivar es alto, caracterizado por una gran magnitud, amplia extensión espacial y baja reversibilidad, de acuerdo con la valoración realizada mediante la Matriz de Conesa.

7. Marco referencial

7.1. Antecedentes

El análisis jurídico y técnico del río Cravo Sur, desarrollado por el grupo de investigación Pensamiento, Derecho y Sociedad de UNAB-Unisangil, refleja problemáticas comunes derivadas de la presión antrópica sobre los cuerpos de agua, entre ellas: el vertimiento de aguas residuales, la acumulación de residuos sólidos, la erosión de cauces, la pérdida de ecosistemas y la limitada capacidad institucional para prevenir, mitigar y restaurar el daño ambiental; los hallazgos de la investigación sobre el río Cravo Sur permiten identificar elementos clave tales como:

La existencia de concesiones otorgadas por la autoridad ambiental (CORPORINOQUÍA) sin un seguimiento técnico adecuado, el incumplimiento de medidas correctivas ordenadas por fallos judiciales, y la ausencia de estrategias integrales de restauración y prevención; además, se evidencia una disonancia entre el marco normativo constitucional y legal colombiano en materia de protección de los recursos hídricos, y la realidad práctica observada en las comunidades afectadas. (UNISANGIL,2024)

Por otra parte, para Díaz (2004) sobre la gestión ambiental en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Yopal (EAAY) documenta impactos específicos generados por el sistema de tratamiento de aguas residuales de Yopal, cuyos vertimientos desembocan en el caño Usivar; el documento identifica que, a pesar de contar con lagunas anaerobias y facultativas, estas presentan graves deficiencias técnicas y operativas, como el manejo inadecuado del desarenador, vertimiento de aguas con carga orgánica superior al 60 %, presencia de residuos hospitalarios, olores ofensivos y ausencia de tratamiento efectivo de lodos; esta situación ha generado alteraciones ecológicas en el caño Usivar, afectando la biota, calidad del agua y el entorno del ecosistema.

Además, se resalta la necesidad de implementar un Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma NTC ISO 14001/96, con énfasis en el control de impactos, cumplimiento legal, planificación, auditorías internas y participación del personal, como herramientas esenciales para la mitigación y prevención del daño ambiental. (Díaz,2004)

Para García y Cortés (2009) en su tesis sobre la finca Mata de pantano, ubicada en el piedemonte casanareño, evidencian cómo las actividades ganaderas, los vertimientos no controlados y la deficiente infraestructura sanitaria afectan los cuerpos de agua, el suelo y la biodiversidad, el estudio documenta que el Caño Usivar es una de las fuentes más impactadas por la descarga de aguas residuales, especialmente en temporadas de lluvia, cuando las lagunas de oxidación del municipio se desbordan, generando olores ofensivos, riesgo para la salud pública y contaminación aguas abajo; a ello se suman las prácticas deficientes de disposición de residuos sólidos y el uso inadecuado de pozos sépticos en zonas rurales, lo cual agrava el deterioro de la calidad del agua; además, la investigación subraya la importancia de integrar la variable ambiental en el desarrollo de actividades productivas, proponiendo medidas de restauración ecológica y la adopción de tecnologías de producción más limpia. (García y Cortés, 2009)

En la investigación de Pérez y Patiño (2008) sobre los riesgos de contaminación de los acuíferos en San Luis de Palenque, exponen problemáticas comunes como la inadecuada disposición de residuos sólidos, el mal manejo de aguas residuales, la deficiente infraestructura sanitaria y las actividades agrícolas y pecuarias contaminantes; el documento destaca que la contaminación de las aguas subterráneas está asociada principalmente a lixiviados, vertimientos agrícolas, pozos sépticos sin tratamiento y rellenos sanitarios sin control técnico, se resalta el papel de la comunidad como actor clave en la conservación de las fuentes hídricas, proponiendo medidas educativas y preventivas.

El trabajo de Velásquez (2016) aborda la problemática de la contaminación de cuerpos de agua en Colombia por hidrocarburos, en donde destaca que uno de los principales factores de deterioro ambiental en el país son los derrames accidentales y continuos de hidrocarburos, especialmente en zonas como Casanare, donde la exploración y transporte de petróleo son actividades frecuentes; entre los efectos señalados en el documento se incluyen: alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua, disminución del oxígeno disuelto, afectación de la biota acuática, bloqueo del paso de luz solar y muerte de peces, condiciones. (Velásquez, 2016)

Celis y Pedraza (2008) ofrece un análisis técnico y detallado de los riesgos por inundación en las áreas urbanas de Yopal asociadas al río Cravo Sur, proporcionando elementos clave para comprender el comportamiento hídrico y fluvial en el territorio, con implicaciones directas sobre el Caño Usivar, afluente afectado por desbordamientos y escorrentías; este documento identifica que las crecientes del río Cravo Sur, especialmente en la parte media de la cuenca (zona de El Morro), generan flujos intensos de agua con sedimentos y lodo que, al alcanzar la zona urbana, provocan socavación, pérdida de taludes y afectación de viviendas; estas condiciones inciden directamente sobre la microcuenca del Caño Usivar, ya que las aguas del río Cravo alimentan o interactúan con su cauce en temporadas críticas; el estudio destaca también la vulnerabilidad por falta de planeación territorial, presencia de asentamientos en zonas de alto riesgo y debilidad en las obras de contención. (Celis y Pedraza, 2008)

El análisis de situación de salud del municipio de Yopal (2019) confirma la presencia de múltiples factores de riesgo ambiental en el territorio, los cuales inciden directamente en la salud

de la población y en la calidad de cuerpos hídricos como el Caño Usivar; entre los hallazgos más relevantes se destacan los vertimientos directos de aguas residuales al caño por parte de viviendas, fincas e incluso sectores del sistema sanitario municipal, así como la ineficiencia de las lagunas de oxidación, que en épocas de invierno se desbordan, afectando al ecosistema y generando olores ofensivos; el documento también advierte sobre la contaminación de acuíferos y fuentes superficiales por infiltración de lixiviados, aguas residuales y escorrentías contaminadas provenientes del relleno sanitario Macondo, así como por el mal manejo de pozos sépticos en barrios periféricos y zonas rurales, todo lo cual repercute en el caño Usivar como receptor natural; además, se identifican amenazas estructurales como el uso intensivo del suelo, la deforestación y la cercanía de estaciones de servicio a fuentes hídricas y viviendas. (Alcaldía de Yopal. 2020).

El estudio de Puerto (2023) analiza el desempeño de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Yopal y sus efectos sobre el caño Usivar, receptor directo de los vertimientos del sistema; la investigación emplea herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mapear el comportamiento de los contaminantes, especialmente la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y los sólidos suspendidos totales (SST), en diferentes tipos de uso de suelo a lo largo del caño; el trabajo revela que la PTAR de Yopal opera con deficiencias técnicas, como exceso de carga orgánica, funcionamiento parcial de lagunas y filtros, y una infraestructura insuficiente frente al crecimiento poblacional; se observa que la planta incumple los límites permisibles para DBO y SST establecidos por la Resolución 0631 de

2015, lo que genera impactos ambientales notables aguas abajo, como pérdida de biodiversidad acuática, eutrofización y riesgo para la salud pública, especialmente en zonas agrícolas y urbanas. (Puerto, 2023)

La investigación de De La Hoz, (2023) destaca la importancia crítica de una adecuada interpretación del marco jurídico de las rondas hídricas, para garantizar la protección ambiental y el ordenamiento territorial sostenible; el documento identifica múltiples tensiones entre normas jurídicas (como el Decreto 2811 de 1974, el Decreto 1449 de 1977 y la Ley 1450 de 2011) y las diversas interpretaciones adoptadas por autoridades ambientales, entes territoriales y el Consejo de Estado; estas inconsistencias generan vacíos en la aplicación del régimen de protección de cuerpos de agua; además, el estudio evidencia que, en muchos municipios, las autoridades locales no incluyen las determinantes ambientales (como las rondas hídricas) en sus Planes de Ordenamiento Territorial (POT), lo cual permite la urbanización o explotación de zonas que deberían estar protegidas. (De la Hoz, 2023)

En el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Cravo Sur (POMCA) proporciona información técnica esencial sobre el estado del recurso hídrico, la infraestructura, el saneamiento básico y los impactos ambientales; el documento identifica una alta presión sobre el recurso hídrico por uso doméstico, agrícola e industrial, así como conflictos de uso del suelo en zonas de ronda hídrica; se advierte que la cobertura del sistema de saneamiento es limitada y que las aguas servidas, sin tratamiento adecuado, se vierten directamente al Caño Usivar, agravando su contaminación y generando impactos negativos sobre el ecosistema y la salud pública;

también se destacan los problemas en la gestión de residuos sólidos, la contaminación por actividades ganaderas y la alteración del caudal natural por obras de infraestructura y desviaciones para riego. (Gobernación de Casanare & Ambiental Ingenieros Consultores Ltda., s.f.).

El artículo de Rojas (2024) analiza el crecimiento urbano desordenado en Colombia y su impacto sobre ecosistemas estratégicos como humedales, rondas hídricas, suelos agrícolas y cuerpos de agua; en el estudio se identifican variables incidentes como la migración, la densidad constructiva, la deficiencia en la infraestructura de servicios públicos y el cambio de uso del suelo, factores que también están presentes en Yopal; asimismo, el documento evidencia que incluso en ciudades con bajo crecimiento demográfico, como Pasto, la falta de planificación y la ocupación de suelos rurales han derivado en contaminación hídrica, pérdida de cobertura vegetal y degradación de ecosistemas. (Rojas, 2024)

Para Plazas (2020) documenta cómo la pérdida de cobertura vegetal y la transformación del paisaje en el corregimiento de Tacarimena han generado una presión creciente sobre los ecosistemas locales, incluidas las rondas hídricas y los cuerpos de agua como el Caño Usivar; la expansión de la frontera agrícola, el uso intensivo del suelo para ganadería y cultivos como arroz, plátano y cítricos, han derivado en la tala de bosques de galería, la pérdida de biodiversidad y la reducción de la capacidad de regulación hídrica; el documento resalta que muchas de las especies arbóreas aún presentes, como yarumo, guácimo, cachimbo, guamo, teca, melina y ceiba, contribuyen a la regulación hídrica y protección de suelos en zonas de ronda

hídrica, pero no siempre son reconocidas por la comunidad por su valor ambiental; el estudio subraya la importancia de implementar sistemas agroforestales y silvopastoriles sostenibles, que incluyan especies nativas, para recuperar los servicios ecosistémicos perdidos. (Plazas, 2020)

En el trabajo de Moreno (2018) desarrolla una estrategia para prevenir la contaminación de los acuíferos Caño Negro y Caño Palo, ubicados en la vereda La Esperanza (Tauramena, Casanare), durante la fase sísmica del proceso de exploración de hidrocarburos por parte de la empresa Geopark S.A.S; la investigación demuestra que el subproceso sísmico genera impactos como la remoción de vegetación, alteración de cauces, erosión, abandono de residuos sólidos y filtración de químicos a cuerpos de agua superficiales y subterráneos. También, plantea una estrategia con enfoque social, ambiental y económico, centrada en el monitoreo, el cumplimiento normativo y la capacitación comunitaria. (Moreno, 2018)

La investigación de Sánchez y Oliveros (2018) realizan una modelación hidráulica de 3.5 km de su cauce, mediante el software HEC-RAS 5.0.5 en versiones unidimensional (1D) y bidimensional (2D); el análisis permite identificar zonas de inundación críticas para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años, con especial énfasis en la afectación de sectores como la vereda El Morichal; el estudio evidenció que el Caño Usivar ha sido gravemente alterado por actividades antrópicas, tales como vertimientos residuales, descargas pluviales, disposición de residuos sólidos y deforestación de sus márgenes, lo que ha modificado su comportamiento hidráulico natural; estas condiciones generan riesgos significativos de desbordamientos y pérdida de capacidad de conducción del cauce; los resultados de la modelación, sumados a la

caracterización morfométrica e hidrológica de la cuenca, refuerzan la necesidad de adoptar medidas de ordenamiento territorial, restauración ecológica y control de vertimientos. (Sánchez y Oliveros, 2018)

En el estudio de Mamani (2024) evalúa la eficiencia operativa de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Ayaviri, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos antes, durante y después del vertimiento de aguas al río Ayaviri; el estudio demostró que la PTAR de Ayaviri excede los límites máximos permisibles (LMP) en sólidos suspendidos totales (1379.5 mg/L), demanda química de oxígeno (416.15 mg/L), aceites y grasas (74.70 mg/L) y pH (6.06), lo cual repercute negativamente en la calidad del agua del río receptor; pese a que los coliformes termotolerantes se mantuvieron dentro de los límites establecidos, el agua resultante fue catalogada como inapropiada para actividades agrícolas y ganaderas, según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) .(Mamani, 2024)

En el artículo “Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo” establece que el uso de agua residual cruda modifica negativamente las propiedades físico-químicas del suelo e incrementa la presencia de metales pesados en los primeros estratos del suelo. (Carrillo et. Al. 2021)

En el artículo sobre el” impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales en el río Portoviejo, Ecuador”, es un estudio detallado que utiliza un modelo matemático para evaluar la capacidad de autodepuración del río y determinar los puntos más críticos de contaminación; el modelo matemático permitió analizar de manera precisa la variación de oxígeno disuelto (OD) a

lo largo del río, considerando parámetros específicos como re oxigenación y consumo de oxígeno; también Permitió localizar los vertimientos más críticos, lo que facilita la priorización de intervenciones; otro factor determinante fue la Replicabilidad, concluyendo que el enfoque puede aplicarse en otros ríos con problemas similares, mostrando su flexibilidad y adaptabilidad. (Fernández et. al, 2018)

Por otro lado, el artículo “Fiscalización Ambiental En Aguas Residuales” aborda la fiscalización ambiental enfocada en el manejo y tratamiento de aguas residuales, resaltando el rol de las entidades públicas y los estándares legales aplicables. subraya la importancia de una gestión adecuada de las aguas residuales para minimizar riesgos ambientales y de salud; la implementación de un marco regulatorio robusto, junto con la mejora de infraestructura y la supervisión efectiva, es clave para abordar los desafíos identificados. (Ambiental., 2014)

En consecuencia, el artículo "Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá" aborda los impactos ambientales y el manejo de las aguas residuales generadas por la industria de curtiembres, aunque el estudio se centra en los vertimientos de aguas residuales provenientes de una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá, una zona altamente industrializada y con presión significativa sobre sus recursos hídricos.

Las curtiembres generan desechos altamente contaminantes que pueden afectar gravemente la calidad del agua y los ecosistemas; establece que existe una falta tratamiento adecuado y el incumplimiento de normas ambientales representan un riesgo significativo para la

sostenibilidad de la cuenca; este análisis enfatiza la importancia de fortalecer las políticas de gestión ambiental y promover tecnologías avanzadas para la descontaminación de aguas residuales industriales. (Parra, et. al, 2018)

Por otro lado, también se tiene el artículo “Impacto Ambiental por Vertimiento de Aguas Servidas Domésticas en la Bocana Norte” el cual, aborda el impacto ambiental generado por los vertimientos de aguas residuales domésticas en el mar de la Bocana Norte, distrito de Víctor Larco Herrera, donde concluye que los vertimientos domésticos en la Bocana Norte generan impactos negativos, particularmente en los puntos cercanos y posteriores al vertimiento; por ende, realiza una serie de comparaciones con investigaciones previas que refuerzan la necesidad de implementar sistemas de tratamiento más efectivos para minimizar estos efectos. (Coveñas, 2017)

7.2. Marco Teórico

La evaluación del impacto ambiental generado por vertimientos sobre cuerpos de agua lóticos de pequeña escala, como caños y quebradas en zonas rurales, representa un desafío conceptual y metodológico que la literatura científica no ha resuelto de manera uniforme; a diferencia de los grandes ríos, estos sistemas hídricos presentan menor caudal, menor capacidad de dilución y mayor vulnerabilidad ante cargas contaminantes puntuales, lo que exige marcos de análisis específicos que integren parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos de forma simultánea.

Domingo y Gomes (2013, como se citó en Palacios, 2025) establecieron que el agua contaminada se entiende como la alteración nociva de su calidad por la infiltración de materias o formas de energía que afectan sus funciones ecológicas y los usos que se le destinan, alteración que en gran medida proviene de las descargas de aguas residuales generadas por actividades humanas domésticas, industriales y agrícolas; asimismo, Ramírez (2010, como se citó en Palacios, 2025) señaló que estas aguas están compuestas en un 99.9% por agua y un mínimo restante de materia sólida, cuya composición varía según la actividad que las origina; en cuanto a la magnitud regional del problema, Kelly (2002, como se citó en Palacios, 2025) indicó que un porcentaje significativo de las aguas residuales latinoamericanas no recibe tratamiento adecuado; finalmente, para el contexto local, Cabanilla y Salazar (2023, como se citó en Palacios, 2025) establecieron que la convivencia de descargas domésticas, industriales y agrícolas en Montecristi evidencia la necesidad de plantas de tratamiento.

En el caso del caño Usivar, coexisten descargas domiciliarias sin tratamiento, actividad ganadera intensiva y efluentes de la planta de beneficio animal, cada una con perfiles contaminantes distintos (carga orgánica, sólidos suspendidos, patógenos, sangre y contenido ruminal) cuya interacción acumulada sobre un cauce de bajo caudal puede comprometer severamente su capacidad de autodepuración.

Esta multicausalidad obliga a superar los análisis de fuente única y a adoptar perspectivas integrales que permitan identificar tramos críticos, estimar cargas contaminantes diferenciadas y

establecer una línea base ambiental rigurosa; es en ese marco donde se inscribe la presente investigación.

Los estudios revisados permiten identificar una primera tensión relevante; por un lado mientras Barrios et al. (2017) y Cuesta et al. (2018) documentan impactos derivados de fuentes industriales con perfiles contaminantes específicos, como colorantes y pigmentos en el primer caso, efluentes de curtiembre en el segundo, Chávez et al. (2017) y Lima (2020) evidencian que las fuentes domiciliarias y agropecuarias generan deterioros igualmente críticos, aunque con indicadores distintos, predominantemente microbiológicos; esta diferencia no es menor, lo que implica que la selección de parámetros de evaluación no puede ser genérica, sino que debe responder al perfil contaminante específico del cuerpo hídrico estudiado; en el caso del caño Usivar, donde coexisten efluentes de planta de beneficio animal, actividad ganadera y vertimientos domiciliarios, ninguno de estos estudios por separado ofrece un marco de evaluación suficiente; es su lectura conjunta la que permite construir un protocolo de análisis más completo.

Una segunda tensión aparece en el plano metodológico; Quiroz et al. (2018) y Cuesta et al. (2018) recurren a modelos matemáticos de autodepuración y QUAL2K respectivamente, para estimar la variación de oxígeno disuelto y demanda bioquímica en función de la distancia al punto de vertimiento; estos modelos tienen alta capacidad predictiva, pero requieren datos hidráulicos precisos con la velocidad, profundidad, caudal, que no siempre están disponibles en cuencas rurales de pequeña escala.

Chávez et al. (2017) y Lima (2020), en cambio, optan por muestreos puntuales con índices integrados como el ICA-NSF, lo que sacrifica precisión espacial a cambio de mayor viabilidad operativa en contextos con infraestructura limitada; esta disyuntiva es directamente aplicable al diseño metodológico de la presente investigación, donde las condiciones del caño Usivar como las del caudal variable, acceso limitado en algunos tramos, condicionan qué herramientas son técnicamente pertinentes.

Una tercera tensión, quizás la más relevante para el caso del caño Usivar, tiene que ver con su capacidad de autodepuración y los factores que la condicionan; Quiroz et al. (2018) demostraron que incluso en un río de escala media como el Portoviejo, con 12 km evaluados, los tramos más críticos no correspondían necesariamente a los puntos de mayor carga contaminante, sino a aquellos donde la morfología del cauce, menor velocidad, menor turbulencia, reducía la Re oxigenación natural; Cuesta et al. (2018) refuerzan esta idea al mostrar que un vertimiento de bajo caudal relativo puede superar en un 150% los límites permisibles de DBO cuando el río receptor no tiene capacidad hidráulica suficiente para diluir y procesar la carga; ambos hallazgos señalan que la magnitud del impacto no depende exclusivamente del volumen o concentración del vertimiento, sino de la relación entre la carga contaminante y las condiciones hidrodinámicas del tramo receptor.

Este punto es crítico para cuerpos de agua de pequeña escala como los caños del piedemonte llanero, donde los caudales son estacionales y pueden reducirse drásticamente en épocas de sequía, disminuyendo proporcionalmente la capacidad de dilución y autodepuración;

en ese escenario, una carga contaminante que resultaría tolerable en época de lluvias puede representar un impacto severo en verano.

De acuerdo a las teorías dadas por los autores referenciados, se plantea que los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento, junto con la acumulación de residuos sólidos en el cauce, constituyen las variables independientes que determinan el deterioro de la calidad ambiental del caño Usivar.

7.3.Marco Conceptual

La contaminación hídrica representa una de las principales amenazas para el equilibrio ecológico, el desarrollo sostenible y la salud pública a nivel global, afectando tanto a los recursos naturales como a las comunidades que dependen de ellos; en este contexto, se hace necesario comprender los siguientes conceptos fundamentales:

Cuerpos de agua: se define como una acumulación significativa de agua superficial, de forma natural o artificial, que puede encontrarse en estado líquido, sólido (hielo) o vapor, y que forma parte del ciclo hidrológico; entre los principales tipos de cuerpos de agua se encuentran los océanos, mares, ríos, lagos, lagunas, arroyos, embalses, humedales y acuíferos subterráneos. (IDEAM, 2024)

Desde una perspectiva ambiental, los cuerpos de agua son considerados ecosistemas vitales para la biodiversidad y el bienestar humano, ya que regulan el clima, permiten la recarga de acuíferos, proveen agua potable y sirven de hábitat a numerosas especies (IDEAM, 2024).

Contaminación hídrica: se refiere a la alteración nociva de la calidad del agua en cuerpos hídricos como ríos, lagos, mares, acuíferos y humedales, producto del vertimiento de sustancias físicas, químicas o biológicas que deterioran su equilibrio natural y afectan la salud humana, los ecosistemas y los usos productivos del recurso (PNUMA, 2021); este tipo de contaminación puede provenir de fuentes puntuales (como desechos industriales o aguas residuales urbanas no tratadas) o fuentes difusas (como escorrentías agrícolas con fertilizantes y plaguicidas). Entre sus principales efectos están:

- Pérdida de biodiversidad acuática.
- Propagación de enfermedades de origen hídrico.
- Dificultad para el abastecimiento de agua potable.
- Daños económicos en actividades como la pesca y el turismo. (Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2019).

En Colombia, la Ley 99 de 1993 establece los principios rectores de la gestión ambiental y reconoce que el agua es un recurso natural renovable que debe ser protegido y utilizado racionalmente; asimismo, el Decreto 3930 de 2010 regula los usos del agua y los vertimientos al recurso hídrico, estableciendo normas de calidad y sanciones por su incumplimiento.

Contaminación del Agua: es la introducción de sustancias o agentes externos, químicos, físicos o biológicos, en cuerpos de agua (como ríos, mares, lagos, acuíferos y humedales), en concentraciones que alteran su calidad, afectan la vida acuática y ponen en riesgo la salud

humana y los ecosistemas (UNESCO, 2022); se trata de uno de los problemas ambientales más críticos a nivel mundial, debido a su impacto en la disponibilidad de agua potable, la seguridad alimentaria y el equilibrio ecológico.

Principales causas:

- Aguas residuales domésticas sin tratamiento.
- Vertimientos industriales con metales pesados, aceites o sustancias tóxicas.
- Agroquímicos provenientes de escorrentía agrícola (fertilizantes y pesticidas).
- Residuos sólidos arrojados a fuentes hídricas.
- Contaminación térmica por descargas de aguas calientes industriales.

Efectos Ambientales: La contaminación del agua altera profundamente los ecosistemas acuáticos, afectando la calidad físico-química del recurso hídrico y provocando la pérdida de biodiversidad acuática; sustancias como metales pesados, nutrientes en exceso y desechos orgánicos disminuyen el oxígeno disuelto, lo que provoca mortandad de peces y colapso de cadenas tróficas (PNUMA, 2021).

La degradación ambiental incluye la eutrofización, sedimentación y pérdida de hábitats naturales; se compromete la resiliencia ecológica, es decir, la capacidad de estos sistemas de recuperarse tras perturbaciones.

Resiliencia Ecológica: se refiere a la capacidad que tienen los ecosistemas para absorber perturbaciones (naturales o antrópicas), reorganizarse y mantener sus funciones esenciales, estructura y retroalimentaciones (Folke, 2006); en contextos de contaminación del agua, la resiliencia ecológica es clave para permitir la recuperación de los ecosistemas acuáticos afectados. “Un ecosistema resiliente puede resistir impactos como la contaminación, el cambio climático o la pérdida de especies, y seguir proporcionando servicios ecológicos esenciales como el suministro de agua limpia, la regulación del clima y el hábitat para la biodiversidad” (Folke et al., 2010).

Degradación Ambiental: Es el proceso mediante el cual se deteriora la calidad del entorno natural, afectando negativamente el equilibrio ecológico, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos; en términos hídricos, implica la disminución de la cantidad y calidad del agua, el deterioro del paisaje ribereño, la contaminación y la destrucción de hábitats (PNUMA, 2021). La degradación ambiental hídrica es provocada principalmente por actividades humanas como vertimientos sin tratamiento, uso excesivo de agroquímicos y deforestación de cuencas (UNESCO, 2022).

Ecosistemas acuáticos: son sistemas ecológicos compuestos por organismos vivos que interactúan en medios donde el agua es el componente dominante, como ríos, lagos, mares, lagunas, estuarios y humedales; estos ecosistemas cumplen funciones clave como la depuración natural del agua, el control de inundaciones y la conservación de especies (Call y Bauman,

2021). Su vulnerabilidad aumenta ante la presión antrópica, la contaminación y el cambio climático, lo que compromete la provisión de agua potable y el equilibrio hidrobiológico.

Degradación de la calidad del agua: ocurre cuando el recurso hídrico pierde sus condiciones naturales de pureza, debido a la presencia de contaminantes físicos (sólidos, sedimentos), químicos (pesticidas, metales pesados) o biológicos (bacterias patógenas), superando los límites permitidos para su uso (Decreto 1594 de 1984; Decreto 3930 de 2010, Colombia); esto representa un riesgo para la salud pública, la agricultura, los ecosistemas y el abastecimiento de agua segura (OCDE, 2020).

Pérdida de biodiversidad acuática: Comprende todas las formas de vida que habitan en ecosistemas de agua dulce, salobre y salada, incluyendo peces, anfibios, crustáceos, algas, microorganismos, plantas acuáticas y mamíferos marinos; la contaminación del agua es una de las principales causas de su deterioro.

El vertimiento de sustancias químicas: (como fertilizantes, detergentes o metales pesados) genera eutrofización, disminuye el oxígeno disuelto y altera las cadenas alimenticias, lo que provoca la mortalidad masiva de especies, extinción local y pérdida de funciones ecológicas (PNUMA, 2021).

Asimismo, la introducción de contaminantes altera la reproducción, el comportamiento y el metabolismo de muchas especies acuáticas, reduciendo su resiliencia frente al cambio climático y otras amenazas.

Efectos en la salud pública: La contaminación hídrica representa una grave amenaza para la salud humana; el contacto o consumo de agua contaminada con agentes patógenos, productos químicos o metales pesados puede provocar enfermedades como:

- Enfermedades diarreicas agudas (EDA)
- Cólera y hepatitis A
- Parasitismo intestinal
- Enfermedades dermatológicas y respiratorias.

Según la UNESCO (2022), se estima que más de 2 mil millones de personas en el mundo utilizan fuentes de agua contaminadas por excrementos, lo que causa cerca de 485.000 muertes por diarrea al año; además, el agua contaminada puede bioacumular toxinas en los alimentos (como peces contaminados), afectando a comunidades que dependen de la pesca como fuente alimentaria básica.

Alteraciones en la economía local: La contaminación hídrica afecta actividades económicas dependientes del agua limpia:

- Pesca artesanal: reducción de especies y toxicidad del consumo.
- Turismo ecológico: disminución del atractivo natural de cuerpos de agua.
- Agricultura: afectación del riego y calidad del suelo.

Esto conlleva una pérdida de ingresos y empleos, debilitando el desarrollo local sostenible (OCDE, 2020).

Desarrollo sostenible: El impacto de la contaminación del agua compromete el desarrollo sostenible, especialmente los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 (agua limpia y saneamiento), 13 (acción por el clima) y 15 (vida de ecosistemas terrestres); en este marco, la justicia ambiental promueve una distribución equitativa de los impactos y beneficios ambientales, reconociendo derechos a las generaciones presentes y futuras (Rawls, 2001; ONU, 2015).

7.4.Marco Legal

La contaminación del caño Usivar, ubicado en la vereda de San Rafael de Morichal del municipio de Yopal, Casanare, representa una problemática ambiental de creciente preocupación, debido a sus efectos sobre los ecosistemas locales, la salud pública y el bienestar de la comunidad; en este contexto, el marco jurídico colombiano ofrece un conjunto de normas que orientan la gestión integral del recurso hídrico, regulan los vertimientos y asignan responsabilidades institucionales para garantizar la sostenibilidad ambiental.

Tabla 1.

Marco legal aplicable al presente proyecto de investigación

Leyes	Descripción
-------	-------------

Ley 60 de 1993:	Asigna competencias a los municipios para prestar servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales, vinculando recursos del Sistema General de Participaciones con el saneamiento ambiental y la prevención de la contaminación.
Ley 99 de 1993	Establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y promueve la gestión integral del agua. Regula actividades contaminantes, exige estudios de impacto ambiental y aplica el principio de precaución.
Ley 388 de 1997:	Incorpora criterios ambientales en el ordenamiento territorial, promoviendo el uso racional del suelo y el control de residuos como parte del desarrollo sostenible.
Ley 373 de 1997:	Crea el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Obliga al reúso del recurso en actividades que generan vertimientos, fomentando la conservación y reducción de la contaminación hídrica.
Ley 632 de 2000:	Regula el servicio público de aseo, incluyendo el tratamiento y disposición de residuos, fortaleciendo la prevención de la contaminación en zonas urbanas y rurales.
Ley 788 de 2002:	Otorga beneficios tributarios a inversiones ambientales, energías limpias y ecoturismo, incentivando prácticas sostenibles y tecnologías limpias.
Decreto 2811 de 1974:	Código Nacional de Recursos Naturales. Regula el uso del agua, prohíbe descargas contaminantes, y establece deberes estatales y del usuario en la protección del recurso.
Decreto 1076 de 2015	Compila y sistematiza las normas relacionadas con la gestión integral ambiental, aborda de manera específica el manejo de residuos y desechos. Proporciona un marco integral para la gestión sostenible de residuos, incluyendo aspectos como la separación en la fuente, la recolección, el

		reciclaje y la disposición final. Además, integra principios de economía circular, incentivando a las empresas y ciudadanos a adoptar prácticas más sostenibles
Decreto 3930 de 2010:	de	Regula actualmente los usos del agua, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos,
Resolución 0330 de 2017		La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.
Resolución 2115 de 2007:		Regula la calidad del agua para consumo humano. Establece límites para contaminantes físicos, químicos y biológicos, garantizando la seguridad sanitaria del recurso hídrico.
Decreto 838 de 2005	de	establece directrices claras en torno a la disposición final de residuos sólidos, enfatizando la necesidad de su manejo adecuado desde su generación hasta su disposición.

Nota: Esta tabla representa el marco legal aplicable al proyecto de investigación. Fuente: Autor, 2025

7.5. Marco Contextual

Figura 1.

Mapa del terreno estudiado



Tomado de: https://www.google.com/maps/@5.2758497,-72.4101814,10796m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDIxOC4wIKXMDSOASAFQAaw%3D%3D

El área de estudio se localiza en la ribera del Caño Usivar, en el sector de la vereda San Rafael, perteneciente al municipio de Yopal, departamento de Casanare; esta vereda se encuentra ubicada al oriente del casco urbano del municipio; la distancia aproximada entre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal y la vereda San Rafael es de 8 kilómetros; este trayecto es recorrido por el Caño Usivar, el cual pasa por la PTAR y continúa su curso hasta la vereda; del total de los 8 kilómetros de recorrido del caño entre la PTAR y la vereda San Rafael, 4 kilómetros fueron objeto del presente estudio, correspondientes al tramo comprendido

dentro del área de interés como lo es toda el área del caño Usivar pertenecientes a la vereda San Rafael.

La gestión ambiental en Colombia enfrenta desafíos estructurales, especialmente en zonas rurales y periféricas donde los efectos de la contaminación hídrica se evidencian con mayor intensidad; uno de estos casos críticos es el del caño Usivar, un cuerpo de agua que atraviesa la Vereda de San Rafael de Morichal del municipio de Yopal, Casanare, que desde hace más de tres décadas ha sido objeto de denuncias comunitarias por la contaminación progresiva derivada del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento, así como por la acumulación de residuos sólidos que obstruyen su cauce.

A pesar de que el país cuenta con un marco legal, pero, su aplicación ha sido fragmentada, ineficaz y en muchos casos simbólica; esta situación ha impedido que se implementen medidas sostenibles y eficaces de saneamiento y restauración ambiental; en el caso específico del caño Usivar, el deterioro ambiental se manifiesta en la calidad del agua, también en impactos directos sobre la salud pública, el ecosistema acuático y las condiciones de vida de al menos 80 familias que habitan la vereda.

Los medios de comunicación regionales y los informes de la comunidad han documentado el colapso de la infraestructura de tratamiento de aguas residuales, como la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal, que fue diseñada para una población de 17.000 habitantes y hoy debe atender a más de 200.000 habitantes, lo cual ha generado vertimientos sin control hacia el caño; así mismo, se han identificado fallas en la gestión del

riesgo, el mantenimiento del cauce y la planificación territorial, lo que ha exacerbado los efectos de las crecientes y desbordamientos contaminados durante temporadas invernales.

Este contexto revela una desconexión entre la normatividad existente y la realidad territorial, en la que la debilidad institucional, la falta de voluntad política y la limitada participación comunitaria han contribuido a la persistencia del problema; además, la contaminación del caño Usivar no es un hecho aislado, sino un reflejo de problemáticas estructurales que afectan a numerosos cuerpos de agua en el país, particularmente en regiones que concentran actividades económicas intensivas como la ganadería, la agricultura y la explotación de hidrocarburos.

La investigación parte del reconocimiento de que el agua es un derecho humano fundamental y que su gestión debe responder a criterios de equidad ambiental, sostenibilidad y corresponsabilidad; en este sentido, evaluar los impactos ambientales ocasionados por la contaminación del caño Usivar implica no solo un diagnóstico técnico, sino también un ejercicio de justicia ambiental, que documente las afectaciones sufridas por la comunidad, visibilice los vacíos institucionales y normativos, y proponga soluciones integrales y participativas para la restauración del ecosistema.

8. Metodología

Esta investigación se realizó mediante el enfoque mixto, que combina métodos cuantitativos y cualitativos, con el fin de comprender de manera más completa los impactos ambientales

causados por la contaminación del caño Usivar, especialmente en el tramo que atraviesa la vereda San Rafael de Morichal, en el municipio de Yopal, Casanare; gracias a este enfoque, fue posible integrar el análisis de información técnica y normativa con las percepciones y experiencias de la comunidad; esto permitió tener una visión amplia de la problemática, también fortalecer la validez de los resultados al contrastar diferentes fuentes de información.

8.1. Tipo Y Diseño De La Investigación

El presente tema objeto de estudio se desarrolló con un enfoque descriptivo analítico, donde, no solo permitió caracterizar las condiciones ambientales del caño Usivar, sino también, analizar las relaciones de causa y efecto relacionadas con las fuentes de contaminación identificadas; asimismo, la investigación se llevó a cabo bajo un diseño no experimental y de corte transversal, debido a que la información fue recolectada en un único momento en el tiempo, esto es para el año 2024, sin intervenir ni modificar las variables estudiadas.

8.2. Enfoque De La Investigación

El estudio adoptó un enfoque mixto, ya que integró componentes cualitativos y cuantitativos; desde el enfoque cualitativo, se comprendió las percepciones de la comunidad sobre los efectos de la contaminación del caño Usivar; desde el enfoque cuantitativo, se evaluó

parámetros físico químicos, bióticos estudiados y emitidos por la entidad Corporinoquia y sociales para valorar los impactos ambientales de manera objetiva. Sampieri et al., (2014)

Para Sampieri et al., (2014) estas ideas representan el primer acercamiento a una realidad objetiva (en el caso del enfoque cuantitativo) o a una realidad subjetiva (en el enfoque cualitativo); las fuentes que pueden generar ideas investigativas son diversas: experiencias personales, documentos escritos, programas de radio y televisión, materiales audiovisuales, páginas web, discusiones académicas, observaciones de campo, y conversaciones con especialistas o personas del entorno social (Sampieri, 2006).

8.3. Tipo de Investigación

Es una investigación descriptiva, ya que tuvo como propósito caracterizar la situación ambiental actual del caño Usivar en el tramo que atraviesa la Vereda de San Rafael de Morichal, municipio de Yopal, Casanare; en concordancia con Sampieri et al., (2006)

8.4. Diseño y Alcance:

La presente investigación adopta un enfoque mixto de tipo convergente, entendido como aquel en el que se recolectan y analizan datos cuantitativos y cualitativos de manera paralela e independiente, para luego comparar e integrar los resultados y obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado (Sampieri et al., 2006); este diseño es viable porque ninguna de las dos aproximaciones, por sí sola, es suficiente para dar respuesta a la

pregunta problematizadora, por tal razón, en el caso del caño Usivar, los datos técnicos de calidad del agua y los puntajes de impacto ambiental no capturan la dimensión social del problema, mientras que las percepciones comunitarias no reemplazan la evidencia fisicoquímica; la integración de ambas fuentes fortalece el diagnóstico.

Desde la vertiente cuantitativa, el diseño es no experimental transversal, dado que no se manipulan variables y la recolección de datos se realiza en un único momento temporal; el investigador observa y mide los fenómenos en su contexto natural, sin introducir condiciones controladas (Sampieri et al., 2006); desde la vertiente cualitativa, el diseño es de tipo exploratorio-descriptivo, orientado a comprender la experiencia y percepción de las comunidades afectadas a partir de sus propios relatos y vivencias.

El alcance del estudio es descriptivo-explicativo porque se describen las condiciones ambientales actuales del caño Usivar y se explican los efectos del vertimiento de aguas residuales y la acumulación de residuos sólidos sobre el ecosistema y la población ribereña (Sampieri et al., 2006).

8.5. Población y Muestra

La población objeto de estudio está compuesta por los habitantes de la Vereda San Rafael de Morichal del municipio de Yopal, Casanare, con énfasis en quienes se encuentran directamente afectados por la contaminación del caño Usivar.

Para la vertiente cualitativa, se empleó un muestreo no probabilístico intencional, modalidad adecuada cuando el propósito del estudio es obtener información profunda y contextual directamente de los actores más afectados, sin pretensión de generalización estadística (Sampieri et al., 2006). Los criterios de selección fueron: ubicación en la franja ribereña con evidencia de afectación ambiental, conocimiento histórico del problema y disposición para participar; con base en estos criterios se seleccionaron 60 familias, incluyendo líderes comunitarios y residentes de las zonas con mayor exposición a la contaminación.

Para la vertiente cuantitativa, la muestra se definió a partir de puntos de monitoreo ambiental estratégicos que fueron realizados por la entidad Corporinoquia a lo largo del caño, en zonas de vertimiento identificadas; este tipo de muestreo por criterio es coherente con estudios ambientales de diagnóstico, donde la selección responde a la pertinencia técnica del punto y no a la aleatoriedad estadística.

8.6. Instrumentos y procedimientos de recolección de información

Para el componente cualitativo se aplicaron entrevistas semiestructuradas a las 60 familias seleccionadas, complementadas con grupos focales, observación participante y registro fotográfico; a través de llamadas telefónicas se desarrolló las preguntas de las entrevistas y estas fueron estructuradas con base en las categorías analíticas derivadas del marco teórico como la contaminación hídrica, percepción del riesgo ambiental e impacto en la salud y calidad de vida, garantizando su coherencia con los objetivos específicos del estudio.

A cada familia entrevistada se le indico que en cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales” y sus normas reglamentarias sobre protección de datos personales (habeas data), los datos recolectados en esta entrevista serían utilizados exclusivamente con fines investigativos.

Para el componente cuantitativo se utilizaron matrices causa-efecto y la metodología Conesa (2020) para la evaluación y valoración de impactos ambientales, instrumento ampliamente validado en estudios de diagnóstico ambiental por su capacidad de sistematizar y ponderar múltiples variables de impacto de forma objetiva y reproducible; adicionalmente, se realizó el estudio el análisis al estudio de medición de parámetros fisicoquímicos del agua por la entidad Corporinoquia en los puntos de monitoreo definidos realizados por Corporinoquia, así como revisión documental de fuentes secundarias: planes de ordenamiento territorial, licencias ambientales y reportes técnicos.

8.7.Fase 1: Análisis de las Fuentes de Contaminación y sus Efectos Sobre el Ecosistema y la Población:

- En esta fase se identificaron y analizaron de manera detallada las fuentes de contaminación que afectan al caño Usivar en el tramo que atraviesa la vereda San Rafael de Morichal; para ello, se desarrolló un conjunto de actividades sistemáticas que incluyeron:

- Recolección de información secundaria, a partir de documentos como el Plan de Ordenamiento Territorial, reportes técnicos de la autoridad ambiental y normatividad vigente asociada a vertimientos y protección hídrica.
- Visitas de campo para observación directa, durante las cuales se efectuaron recorridos a lo largo del tramo de estudio, permitiendo identificar puntos de vertimiento, alteraciones en el cauce, afectaciones visibles en la calidad del agua y cambios en la cobertura vegetal; estas actividades incluyeron registro fotográfico y trabajo de campo en el sector.
- Aplicación de entrevistas y encuestas semiestructuradas a residentes del sector, líderes comunitarios y actores locales, con el fin de recopilar información sobre prácticas asociadas al uso del caño, percepción del deterioro ambiental, afectaciones en la salud y actividades productivas relacionadas.
- Análisis de resultados de laboratorio realizados por la corporación ambiental, los cuales aportaron datos objetivos sobre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, esenciales para complementar la interpretación ambiental del problema.

El análisis integrado se desarrollará mediante el uso de matrices causa y efecto, que permitirán establecer relaciones claras entre las actividades generadoras de contaminación (vertimientos domésticos, agrícolas, ganaderos u otros) y los impactos identificados sobre el ecosistema (alteración en la calidad del agua, afectación de la flora y fauna acuática y ribereña) y sobre la comunidad (riesgos sanitarios, disminución de la calidad de vida y percepción de inseguridad ambiental)

--

8.8. Fase 2: Evaluación de los Impactos Ambientales Significativos:

En esta fase se diseñaron estrategias integrales orientadas a la prevención, mitigación y corrección de los impactos identificados durante la evaluación; para ello, se aplicó la metodología de evaluación de Impacto ambiental de Conesa (2020), caracterizada por su enfoque mixto, pero con predominio cualitativo, ya que se basa en la interpretación experta de la magnitud y significancia de los impactos a partir de criterios descriptivos y valorativos.

Su carácter cualitativo se evidencia en que los criterios utilizados (extensión, duración, reversibilidad y severidad) permiten juzgar la importancia de un impacto a partir de escalas descriptivas más que de mediciones instrumentales, las cuales no siempre son posibles en contextos rurales con limitación de datos hidrológicos o fisicoquímicos detallados.

Durante esta fase se aplicaron las técnicas propuestas por Conesa, que incluyen:
Identificación de actividades generadoras de impacto se realizó mediante:

- Recorridos de campo para observar directamente los vertimientos, deforestación de márgenes y deposición de residuos.
- Registro fotográfico de puntos críticos.
- Entrevistas semiestructuradas y encuestas a residentes sobre prácticas domésticas, agrícolas y percepciones ambientales.
- Revisión de información secundaria (POT, estudios ambientales, informes de la Corporación Autónoma Regional).

Valoración de los impactos ambientales: se empleó la técnica de matrices de identificación y valoración (Matriz Causa y Efecto y Matriz de Conesa), en las cuales se integraron componentes cualitativos y cuantitativos.

- La componente cuantitativa se expresó en la asignación numérica de los criterios de evaluación.
- La componente cualitativa se reflejó en la interpretación de la interacción entre actividades y factores ambientales.

Elaboración de matrices de evaluación: se construyó una matriz donde cada impacto se valoró con base los criterios establecidos por Conesa:

- I (Importancia)
- i (Intensidad)
- EX (Extensión)
- MO (Momento)
- PE (Persistencia)
- RV (Reversibilidad)
- SI (Sinergia)
- AC (Acumulación)
- EF (Efecto)
- PR (Periodicidad)

- MC (Recuperabilidad)

Estos criterios fueron seleccionados por ser los más apropiados para ecosistemas hídricos en zonas rurales donde no se cuenta con series históricas de parámetros físico-químicos; para el caso del tema objeto de estudio, solo se cuentan con un Resultados de monitoreo de la PTAR de Yopal dada por Corporinoquia, además, permiten integrar observaciones de campo, percepciones comunitarias y evidencia documental, justificando el predominio del componente cualitativo en la evaluación; de esta manera, se obtuvo un diagnóstico detallado y jerarquizado de los impactos ambientales que afectan el área de estudio.

También se tuvo en cuenta la elaboración de una matriz causa efecto, la cual se empleó como herramienta metodológica para identificar, organizar y analizar las relaciones entre las actividades antrópicas presentes en el área de estudio y sus impactos ambientales asociados; esta matriz permite visualizar de forma sistemática el proceso causal de los impactos, desde su origen hasta sus consecuencias más amplias sobre los componentes ambientales y sociales.

8.9. Fase 3: Formulación de estrategias de prevención, mitigación y corrección:

En esta fase se formularon estrategias ambientales integrales orientadas a la prevención, mitigación y corrección de los impactos identificados en el caño Usivar; las medidas se estructuraron con base en la metodología del Marco Lógico, a partir de la identificación de problemas prioritarios, objetivos específicos, resultados esperados e indicadores verificables.

Asimismo, la valoración de impactos se fundamentó en la Metodología de Conesa (2020), reconocida por su predominio cualitativo, dado que los criterios utilizados (magnitud, extensión, duración y reversibilidad) permiten estimar la importancia del impacto aun en contextos con limitación de datos instrumentales, como ocurre en zonas rurales del área de estudio.

9. Resultados

9.1. Fuentes de Contaminación, Efectos en el Ecosistema y la Población Aledaña del Caño Usivar en el Tramo que Atraviesa San Rafael De Morichal del Municipio de Yopal, para el Año 2024. (Objetivo 1)

Desde hace aproximadamente tres décadas, la comunidad de la vereda San Rafael, ubicada en la vereda de Santa Fe de Morichal (Yopal, Casanare), ha denunciado la contaminación del Caño Usivar sin que las autoridades competentes implementen soluciones efectivas. La problemática está relacionada con el vertimiento de aguas residuales domésticas y desechos provenientes de otros sectores, que generan un impacto ambiental y sanitario significativo.

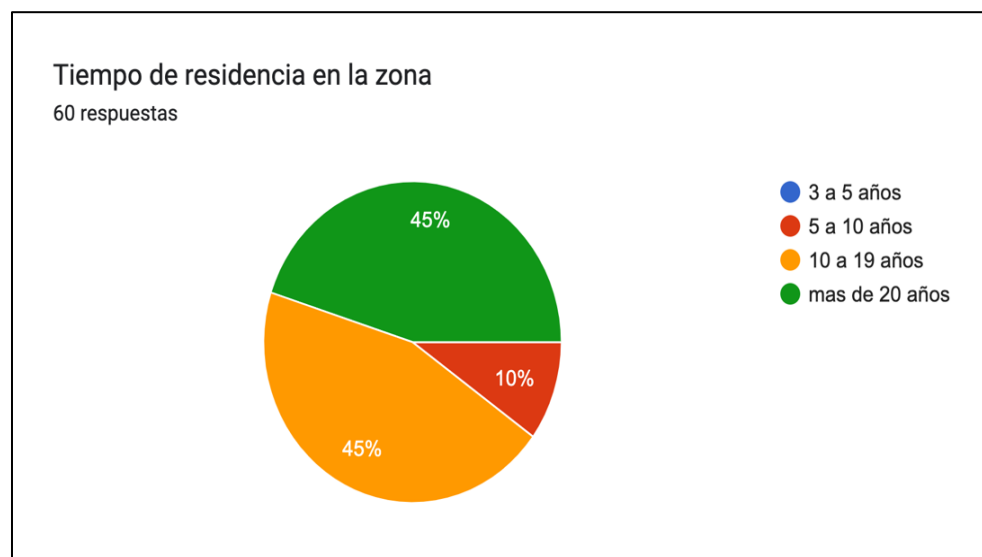
Los líderes comunitarios, como Juan Carlos Pérez, Sofía Pedraza y Rafael Rojas, han solicitado reiteradamente a entidades como Corporinoquia y la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal, que adopten medidas estructurales. Sin embargo, según las declaraciones comunitarias, persiste una percepción de falta de voluntad política para

implementar soluciones sostenibles, privilegiándose medidas sancionatorias que no resuelven la raíz del problema. (El Diario del Llano, 2020)

Por tal motivo, las 60 familias entrevistadas describen (tomado muestreo no probabilístico intencional; las cuales fueron las personas que necesité para llevar a cabo el estudio; es decir; las directamente afectadas), casi de manera unánime, un deterioro progresivo de esta fuente hídrica, convertido en canal de vertimientos contaminantes, especialmente desde la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal.

Figura 2.

Tiempo de residencia de la comunidad en la zona.



Nota: Este grafico demuestra el tiempo de residencia de la comunidad en la zona de influente.

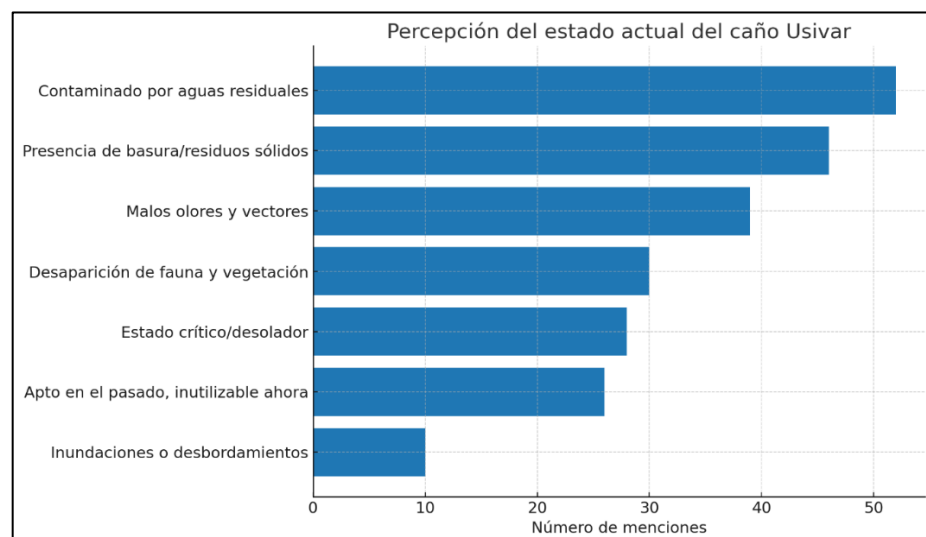
Fuente: Autor, 2025

En el grafico 1, se puede observar que un 45 % de los habitantes que han protestado por el estado del caño Usivar, llevan más de 20 años residiendo en la zona, mientras que otro 45 % ha vivido entre 10 y 19 años en el sector; esta permanencia prolongada les permite dar fe de los impactos ambientales que la contaminación ha generado en el caño; estos testimonios resultan claves para reconstruir la evolución del problema, ya que han sido testigos directos del deterioro del ecosistema, de la pérdida de biodiversidad y de los efectos negativos sobre la salud comunitaria.

En el grafico 2, se evidencia la percepción del estado del caño Usivar, resaltando la contaminación por aguas residuales y la presencia de residuos sólidos que al estar presentes en alto volumen generan cambios físicos, químicos y ambientales en los ecosistemas que en el habitan, generando alteración de las condiciones idóneas del territorio y trayendo consigo la afectación a los recursos naturales como agua, suelo, aire, flora y fauna silvestre.

Figura 3

Percepción del estado del caño Usivar - Yopal



Nota: Estas ilustraciones evidencian las condiciones del caño Usivar. Fuente: Autor, 2025

Para los habitantes de la vereda San Rafael de Morichal, el caño Usivar ha dejado de ser un recurso natural útil y armonioso para convertirse en un foco de contaminación, deterioro ambiental que trae consigo riesgo sanitario y de salud en la comunidad que reside y/o transita por esta zona de influencia (cauce del caño).

Figura 4

Comunidad del área de influencia directa al caño Usivar



Nota: Estas imágenes evidencian las viviendas habitadas en el área de influencia directa del caño Usivar, en la Vereda San Rafael de Morichal. Fuente: Autor, 2025

Figura 5

Condiciones post-vertimiento de la PTAR en el caño Usivar.



Nota: Estas imágenes evidencian el cambio de las condiciones físicas del agua del caño Usivar, en el sector de la Vereda San Rafael de Morichal. Fuente: Autor, 2025

Esta percepción fue compartida por prácticamente la totalidad de los 60 entrevistados, quienes coinciden en que el estado actual del caño es crítico, desolador y fuente de preocupación constante; por otro lado, varios entrevistados, con evidente nostalgia, evocan cómo era el caño en décadas pasadas; algunos recuerdan que “era un caño limpio, con aguas claras, peces, babillas,

59

aves y vegetación sana”, en el que se podía “pescar, lavar la ropa, bañarse y dar de beber al ganado”; este paisaje bucólico desapareció con la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal, señalada de manera reiterada como el punto de inflexión en la historia ambiental del caño.

Actualmente, el caño es descrito como un “canal de aguas negras”, “una alcantarilla a cielo abierto” o un “tramo totalmente contaminado”, en el que no solo circula agua residual, sino que también ha sido convertido en botadero de colchones, llantas, bolsas, escombros y residuos domésticos e industriales; en temporada seca, la corriente casi desaparece y lo poco que fluye proviene de la PTAR; en temporada de lluvias, el caño se desborda arrastrando residuos sólidos de todo tipo, y en general, impregnando con aguas contaminadas, las viviendas y lotes aledaños, generando riesgos adicionales.

Figura 6

Vertimiento de residuos sólidos en el caño Usivar – Yopal.





Nota: en estas imágenes presentadas se puede observar el vertimiento de los residuos sólidos a la fuente hídrica y zona aledaña. Fuente: Autor, 2025

Es por esto, que uno de los elementos más reiterados es el olor nauseabundo que emana del caño, descrito como “putrefacto”, “a materia fecal” o “a químicos”, especialmente fuerte en épocas de calor; este hedor constante, sumado a la presencia de moscas, zancudos y roedores, ha transformado la calidad de vida de los habitantes. Como lo expresa una entrevistada: “A veces se torna invivible”; la pérdida de biodiversidad es otro aspecto clave; los relatos dan cuenta de la

desaparición de fauna silvestre: peces, tortugas, babillas, aves y hasta ranas; han dejado de habitar el caño.

Asimismo, la vegetación ribereña se encuentra afectada, y muchos coinciden en que ya no queda vida acuática. Incluso se mencionan consecuencias sociales y de seguridad: el abandono del caño ha facilitado la presencia de consumidores de sustancias psicoactivas y la percepción de inseguridad en algunos tramos; los testimonios revelan un sentido de pérdida colectiva, del cuerpo de agua como elemento identitario, ancestral y funcional en la vida cotidiana; los adultos mayores, en especial, recuerdan el caño como un símbolo de conexión con la naturaleza, hoy transformado en símbolo del abandono institucional.

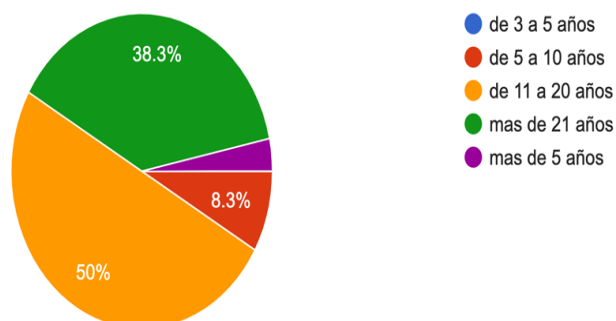
Por otro lado, a través de las entrevistas realizadas, la comunidad de la vereda San Rafael de Morichal expresa, con notable coincidencia, que los problemas de contaminación en el caño Usivar no son recientes, sino que se han extendido por décadas, siendo para muchos un fenómeno presente “desde que tengo uso de razón” o “desde que vivo en el sector”.

Figura 7.

Tiempo previsto por la comunidad frente a la contaminación del caño Usivar

¿Desde hace cuánto tiempo ha notado problemas de contaminación en el caño y qué tipos de residuos o vertimientos ha observado (por ejemplo, domésticos, industriales, agrícolas, entre otros)?

60 respuestas



Nota: Este grafico evidencia el transcurso del tiempo, el cual fue evidente para que la comunidad identificara la contaminación en el caño Usivar. Fuente: Autor, 2025.

Es por esto, que esta percepción histórica varía entre quienes han habitado el lugar por periodos que van de 7 a 30 años, e incluso más, de acuerdo con la memoria colectiva transmitida por residentes de larga data; uno de los hitos recurrentemente señalados como punto de inflexión en el deterioro del caño es la construcción y puesta en funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal.

Los testimonios coinciden en que, desde ese momento, comenzaron los vertimientos directos de aguas residuales domésticas al afluente, lo que marcó el inicio de un daño progresivo y, con el tiempo irreversible en la calidad del agua y en la biodiversidad asociada; los entrevistados mencionan que antes de la planta el caño era limpio, con aguas claras, presencia de

peces, aves y vegetación ribereña sana; mientras que hoy el agua es turbia, maloliente e inhabitable para la fauna.

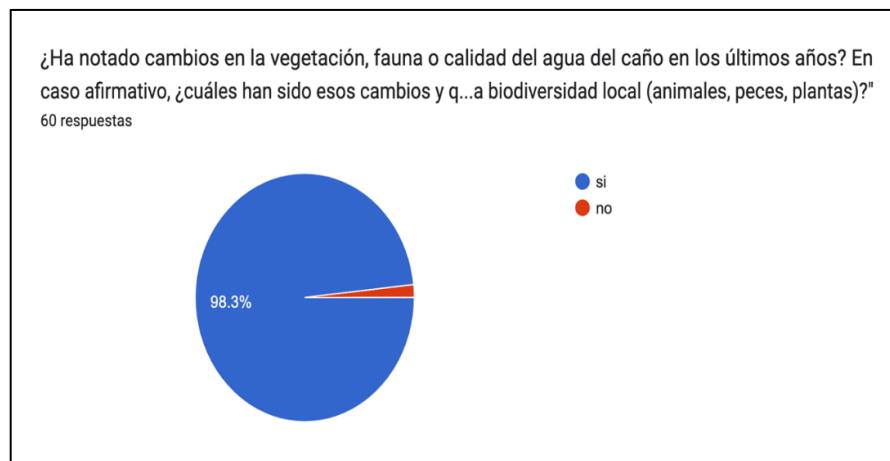
Por tal motivo, en cuanto a los tipos de residuos observados, la comunidad describe un amplio espectro de contaminantes como el plásticos (en botellas, bolsas y empaques), escombros, llantas, colchones, ropa, muebles viejos, restos de actividades agrícolas e incluso presencia de consumidores de sustancias psicoactivas en el lugar; esta transformación del caño en un “botadero” se percibe como un proceso incremental: inicialmente solo se vertían aguas residuales, pero con el tiempo se sumaron residuos sólidos domésticos, industriales y agrícolas.

Es por esto, que la narrativa también incorpora elementos emocionales y de pérdida cultural y ambiental; varios testimonios evocan con nostalgia la época en que el caño formaba parte de la vida comunitaria, albergaba biodiversidad y era un recurso útil, en contraste con la actual percepción de riesgo sanitario, malos olores y abandono institucional; además, se identifica un agravamiento del problema en los últimos años debido al crecimiento urbano, el aumento de vertimientos y la ausencia de medidas efectivas de control.

Entre tanto, Los habitantes de la vereda San Rafael de Morichal también, han sido testigos de un cambio drástico en el caño Usivar durante los últimos años; lo que antes era un espacio lleno de vida acuática y ribereña, hoy es percibido como un lugar desolado, carente de peces, aves y en general de fauna silvestre.

Figura 8

Cambios en la vegetación, fauna y/o calidad del agua



Nota: Este grafico evidencia los cambios en los recursos naturales que se alteraron en el caño Usivar. Fuente: Autor, 2025.

Por ende, los relatos coinciden en señalar que ya no se encuentran especies como babillas, tortugas, garzas o ranas, las cuales solían habitar la zona y formar parte del equilibrio natural del ecosistema; la desaparición de estos animales es vista como una consecuencia directa de la contaminación, pues el agua dejó de ser fuente de alimento y de consumo para la fauna.

De este modo, la calidad del agua es otro aspecto que refleja con crudeza la magnitud del deterioro; según la comunidad, el caño ahora presenta turbiedad, un color oscuro, olores fétidos y la presencia constante de residuos sólidos; en el pasado, era posible pescar y aprovechar el agua para actividades cotidianas, pero hoy el caudal no solo es escaso, sino que resulta completamente inutilizable para el consumo humano o animal. Incluso algunos testimonios recuerdan episodios en los que algunas reses enfermaron y murieron tras beber de sus aguas contaminadas, lo que

revela un efecto expansivo en la biodiversidad terrestre circundante; la vegetación ribereña también ha sufrido una transformación visible, debido a la percolación de sustancias químicas derivadas de los vertimientos tanto líquidos como sólidos provenientes de las actividades tanto industriales de la zona de influencia del caño Usivar, así como el efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de Yopal.

Todo lo anterior, teniendo en cuenta que el ecosistema para esta zona del municipio de Yopal se ve afectado de forma integral, se ha manifestado a través de la pérdida de la biodiversidad de fauna silvestre, la cual evidentemente ha tenido que desplazarse a otras zonas que provean el servicio ecosistémico y de supervivencia para la misma.

En cuanto a la parte socioeconómica se registran problemas de salud ambiental, pérdida de riqueza ictiológica, afectación al recurso hídrico en cuanto a sus características físicas, químicas y biológicas; lo que redundará en una devaluación predial del territorio y la mala percepción paisajística de esta zona del pie de monte; ahora se observa un paisaje degradado, con plantas debilitadas y especies vegetales desaparecidas; hasta pérdida ha reducido los espacios de refugio y alimento para la fauna silvestre, intensificando la cadena de desapariciones y desplazamiento por pérdida de su hábitat natural; para los pobladores, el caño ya no es un ecosistema vivo, sino un cuerpo de agua enfermo que ha ido apagando poco a poco la biodiversidad local.

Figura 9

Deforestación en la ronda hídrica del caño Usivar



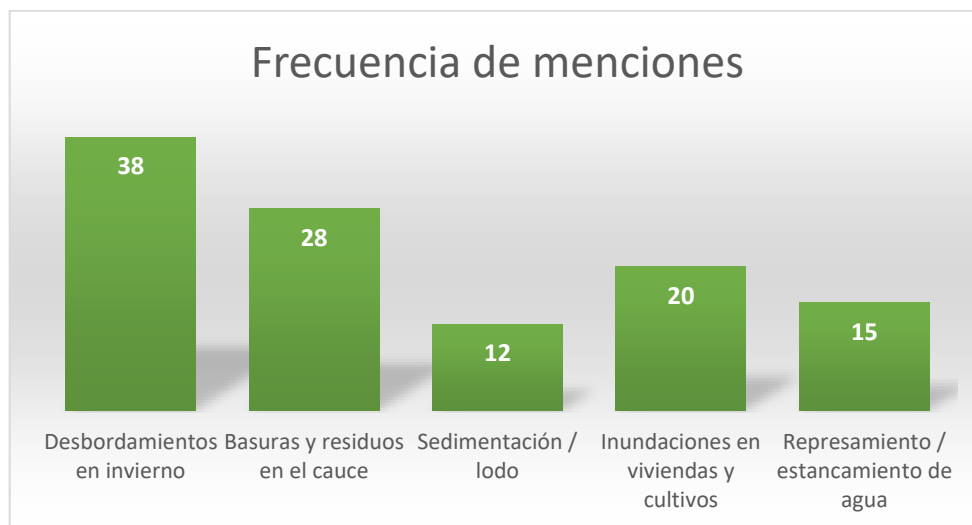
Nota: se presentan vestigios en torno a actividades de tala de individuos arbóreos. Fuente: Autor, 2025.

Es por esto, que la percepción comunitaria coincide en que la contaminación del caño Usivar ha provocado la extinción de la fauna acuática, la migración o desaparición de animales terrestres, y la reducción significativa de la vegetación ribereña; estos cambios han tenido efectos devastadores en el equilibrio ecológico del sector y han deteriorado de manera irreversible la relación histórica entre la comunidad y su entorno natural.

En consecuencia, a lo largo del tiempo, la población ha observado que el cauce se ha llenado de sedimentos, reduciendo su capacidad de conducción y alterando su curso natural; en verano, el caño se muestra seco, con empozamientos de agua residual proveniente de la planta de tratamiento, lo que incrementa los malos olores y deja al descubierto el lodo y la espuma.

Figura 10

Alteraciones observadas en el caño Usivar – Yopal, Casanare.



Nota: En este grafico se evidencia las alteración observadas en el caño Usivar según la comunidad.

Fuente: Autor, 2025.

En contraste, en invierno el caudal aumenta y, al no tener un flujo normal por los bloqueos y la colmatación, se desborda con facilidad; estas alteraciones no solo han afectado la vida cotidiana y las viviendas; así mismo, algunos recuerdan que antes no se presentaban estas inundaciones, pero tras la construcción de obras de alcantarillado pluvial que descargan en el caño, la capacidad hidráulica fue sobrepasada y los desbordamientos se hicieron más frecuentes. (Medina et al., 2007)

Figura 11

Vertimientos de residuos de residuos sólidos especiales en la ronda del caño Usivar

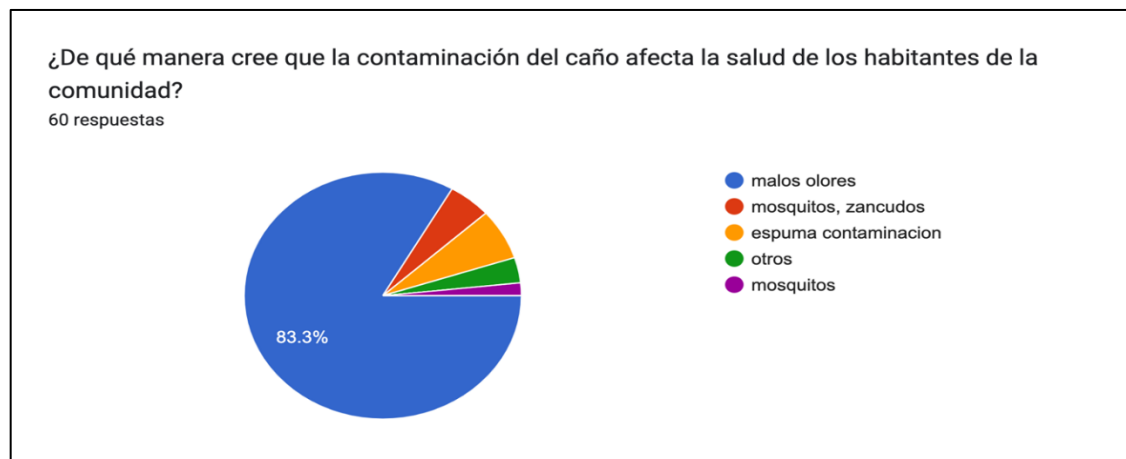


Nota: se evidencia la presencia de residuos sólidos especiales como escombros, muebles, colchones. Fuente: Autor, 2025.

De igual manera, los habitantes de esta zona coinciden en señalar que la contaminación del caño Usivar afecta de manera directa y permanente la salud de quienes viven cerca de su ribera y, en general, a toda la comunidad.

Figura 12

Percepción de contaminación



Nota: En el grafico se evidencia la percepción que tiene la comunidad del caño Usivar frente a la contaminación presente en la zona. Fuente: Autor, 2025.

Aunado a esto, el testimonio recurrente señala que los malos olores son insoportables, descritos como un hedor a materia fecal que invade las viviendas a toda hora del día y de la noche; estos olores no solo generan incomodidad física, sino que también producen dolores de cabeza, náuseas y dificultades respiratorias, con mayor impacto en niños, adultos mayores y personas con enfermedades como el asma; algunos incluso expresan que la exposición constante les genera estrés y afectaciones emocionales, al sentirse obligados a convivir diariamente con un ambiente insalubre.

Otro aspecto destacado es la proliferación de vectores como mosquitos, zancudos, moscas e incluso gallinazos atraídos por la acumulación de aguas contaminadas y residuos; esta situación ha incrementado la presencia de enfermedades transmitidas por insectos, como el

dengue, además de infecciones cutáneas y gastrointestinales; los brotes en la piel, diarreas, vómitos, gripas y tos son mencionados con frecuencia, lo que evidencia una problemática sanitaria persistente y creciente.

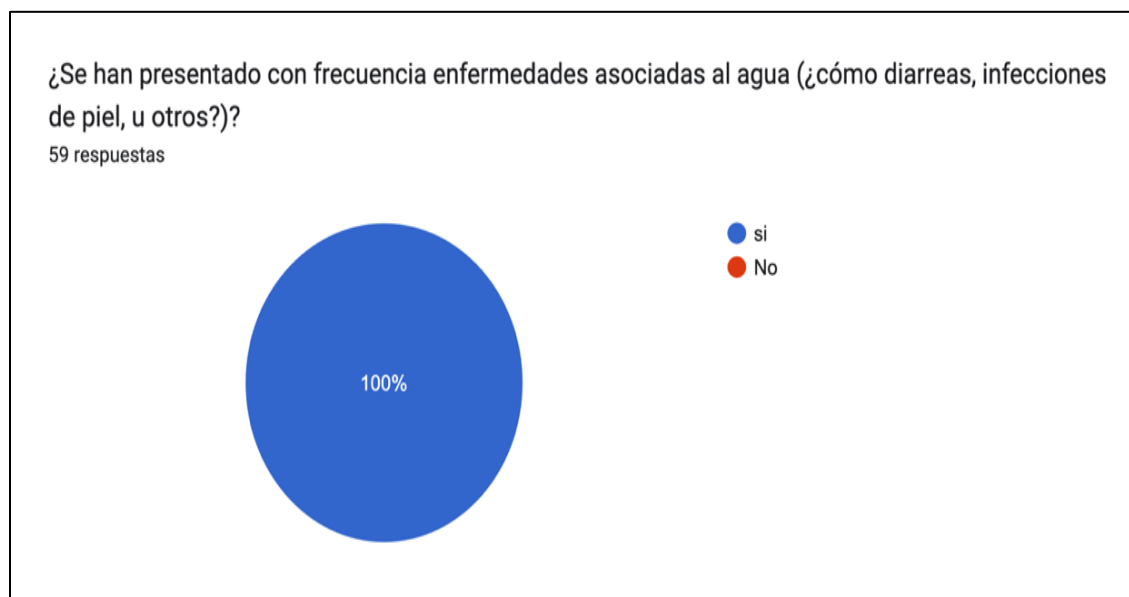
Así mismo, la comunidad también percibe efectos más amplios en su cotidianidad social; la cercanía del caño obliga a los pobladores a vivir con el agua contaminada que, en épocas de lluvia, llega hasta los patios, cultivos e incluso las viviendas, provocando enfermedades estomacales y respiratorias en los niños; el ambiente es descrito como “invivable”, ya que los olores, la espuma blanca que arrastra el viento y la presencia de vectores alteran la tranquilidad de los hogares y de espacios comunitarios como la escuela.

Es por esto, que el impacto, entonces, no se limita a lo físico, sino que también alcanza lo psicológico y lo social; las familias expresan una sensación de desesperanza al considerar que, pese a lo grave de la situación, deben resignarse a vivir en esas condiciones porque es la tierra donde han trabajado siempre y no tienen a dónde ir; en suma, la contaminación del caño Usivar ha generado un círculo de afectaciones múltiples: problemas de salud, deterioro de la calidad de vida, riesgo epidemiológico y un ambiente emocional de estrés y resignación colectiva.

Asu vez, frente a la pregunta de la frecuencia de enfermedades asociadas, los habitantes en un 100% coinciden en que la contaminación del caño Usivar ha tenido repercusiones graves y constantes en la salud de la comunidad, especialmente en niños y adultos mayores.

Figura 13

Presencia de enfermedades asociadas a la contaminación del agua



Nota: Evidencia de que la comunidad ha sufrido de alguna enfermedad asociada por la contaminación del agua del caño Usivar. Fuente: Autor, 2025.

Es por esto que, una de las manifestaciones más frecuentes son las afecciones en la piel, que van desde sarpullidos, erupciones y hongos, hasta dermatitis persistentes; muchos de estos problemas están directamente relacionados con el contacto con el agua contaminada o con la proliferación de mosquitos y zancudos que encuentran en el caño un lugar propicio para reproducirse.

De igual forma, los entrevistados resaltan la alta incidencia de enfermedades respiratorias; la exposición permanente a los fuertes olores del caño, sumada a la humedad y a los desbordamientos en temporada de lluvias, ha provocado casos recurrentes de gripa, tos, asma y problemas de alergias respiratorias; en los niños, la situación se describe como crítica: las

gripas y las fiebres se vuelven recurrentes en épocas de invierno, cuando el agua contaminada ingresa a las viviendas, aumentando el riesgo de contagio y complicaciones; los trastornos gastrointestinales también aparecen de manera constante; le reportan episodios de diarreas, vómitos y dolores de estómago, los cuales se asocian con el contacto directo o indirecto con el agua del caño; los adultos manifiestan haberlos padecido en varias ocasiones, y se advierte que los niños son los más vulnerables, presentando síntomas más fuertes y frecuentes.

Además de estos problemas, los habitantes relatan episodios de mareos, náuseas y dolores de cabeza, que se vinculan con los olores penetrantes y el ambiente insalubre que se genera alrededor del caño; incluso, algunos testimonios extremos relatan la pérdida de la visión en un ojo por el contacto directo con el agua contaminada.

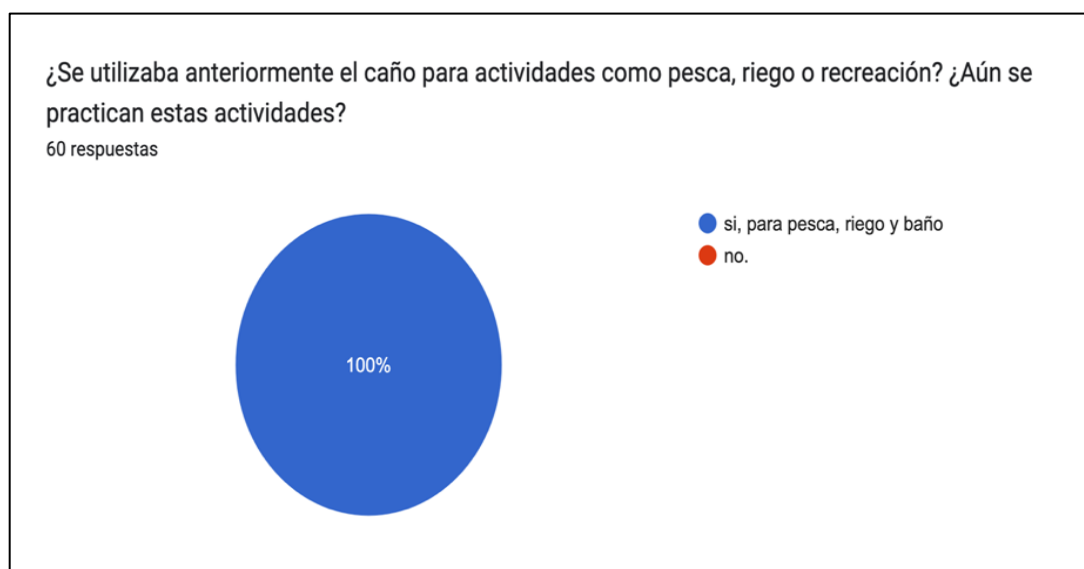
En general, la percepción es que casi todas las enfermedades comunes de la vereda se han asociado con la contaminación del caño Usivar; lo que antes eran malestares ocasionales, hoy se ha convertido en una rutina que afecta la salud física, emocional y la calidad de vida de las familias; las lluvias intensifican el problema, pues al desbordarse el caño las viviendas quedan expuestas directamente al agua contaminada, lo que incrementa los brotes de enfermedades y la sensación de vivir en un entorno insalubre e inseguro.

Por su parte, el análisis de la gráfica evidencia que, en el pasado, el caño Usivar fue un recurso central para la vida comunitaria en San Rafael de Morichal; sin embargo, la unanimidad en las respuestas también deja entrever un contraste fuerte con la situación actual, en la que

dichas prácticas han desaparecido casi por completo debido al grave estado de contaminación del caño.

Figura 14

Actividades realizadas en el caño Usivar



Nota: Se evidencia la comparación de las actividades que realizaban antes frente a la actualidad.
Fuente: Autor, 2025.

De este modo, el hecho de que todas las personas encuestadas coincidieran en la misma respuesta refleja una memoria colectiva uniforme respecto al uso del caño como recurso vital para la comunidad; en el pasado, el caño Usivar cumplía funciones esenciales en la vida de los habitantes de la vereda: era un espacio productivo, utilizado para el riego de cultivos; un recurso alimentario, que proveía peces para el consumo; y también un lugar recreativo, donde se practicaba el baño y el esparcimiento.

Por lo tanto, la unanimidad en las respuestas muestra que este uso era ampliamente compartido, al punto de constituirse en parte del estilo de vida cotidiano de la vereda; esto refuerza la idea de que el caño tuvo un alto valor ecosistémico y cultural, más allá de su función natural, pues se convirtió en un eje de la vida comunitaria.

Sin embargo, la pérdida actual de estos usos, derivada de la contaminación y el progresivo deterioro ambiental, lo cual, representa la afectación del ecosistema, desaparición de un espacio de interacción social y de prácticas tradicionales; la ausencia de respuestas negativas evidencia una percepción generalizada: hoy las actividades que antes eran posibles ya no se realizan, lo que confirma la magnitud del deterioro ambiental y social que ha sufrido el caño.

La percepción comunitaria frente a la acción de las instituciones encargadas de velar por la protección ambiental es de desconfianza, abandono y frustración; la gran mayoría de los entrevistados aseguró de manera contundente que ninguna entidad ha hecho algo concreto para mitigar la contaminación del caño.

Figura 15

Percepción comunitaria sobre acciones instituciones



Nota: En el grafico se evidencia la percepción que tiene la comunidad frente a las acciones que realiza la comunidad, entidades o acciones populares. Fuente: Autor, 2025.

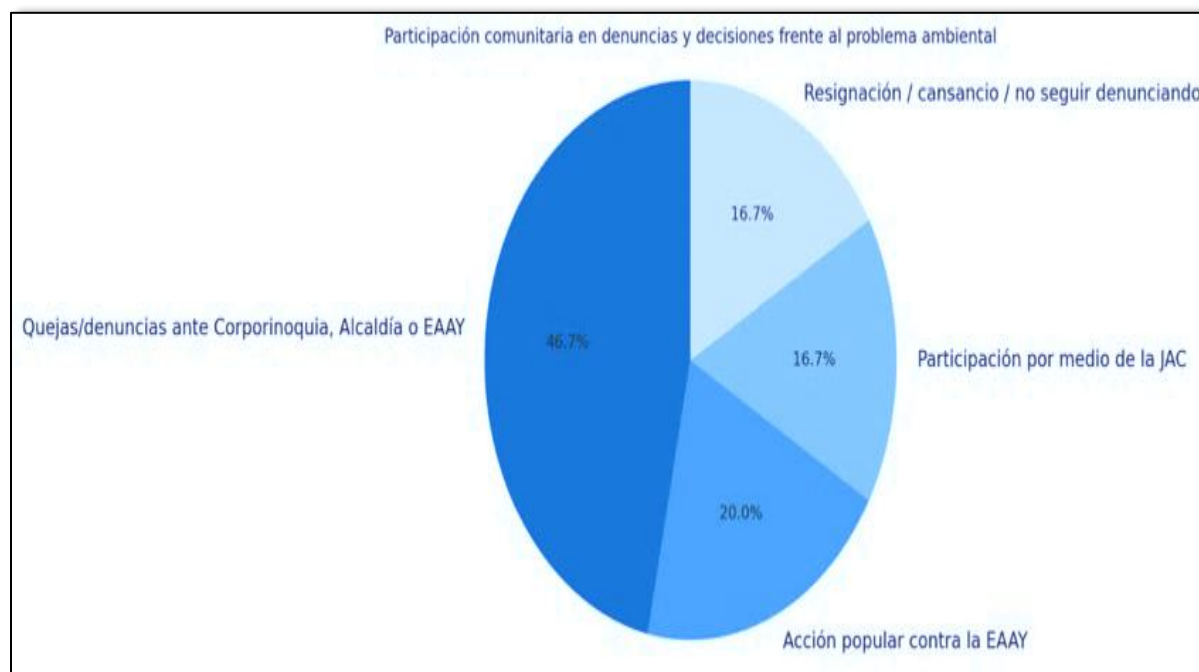
Expresiones como “nadie hace nada”, “ninguna”, o “no, ninguna autoridad responde” se repiten insistentemente, lo que refleja una memoria colectiva de desatención estatal prolongada; en este relato de inconformidad aparece un matiz particular: algunos habitantes mencionaron que se han presentado visitas técnicas en el pasado o que existen denuncias formales, quejas y hasta una acción popular interpuesta desde 2016 contra la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Yopal (EAAY); sin embargo, estas acciones son percibidas como meramente formales, sin resultados tangibles ni cumplimiento efectivo de las órdenes judiciales; la comunidad afirma que los responsables “se tiran la pelota entre entidades” como la EAAY, Corporinoquia y la Alcaldía de Yopal, pero sin asumir compromisos claros ni ejecutar medidas de solución.

Otro aspecto que resalta es el señalamiento directo hacia Corporinoquia, entidad ambiental de la región, a la que la comunidad responsabiliza por su silencio e inacción pese a las múltiples denuncias recibidas; la empresa de acueducto, actualmente intervenida por la Superintendencia de Servicios Públicos, también es nombrada de manera reiterada como un actor que evade responsabilidades y deja que la situación continúe igual.

El relato comunitario, por tanto, evidencia un sentimiento de abandono institucional, donde los pobladores sienten que sus múltiples reclamos y gestiones no han sido escuchados ni atendidos de manera real y eficaz; la conclusión colectiva es que las entidades conocen el problema, pero no actúan, lo que genera desilusión, cansancio y una pérdida de confianza en los mecanismos de participación y en la función protectora del Estado frente a los recursos naturales y la salud de la población; entre otras cosas, la participación de la comunidad frente a la problemática ambiental presentada, ha estado marcada por un esfuerzo constante de denuncia, pero también por una profunda sensación de frustración y desgaste.

Figura 16.

Participación de la comunitaria frente a la problemática ambiental



Nota: Participación de la comunidad frente al problema Usivar. Fuente: Autor, 2025.

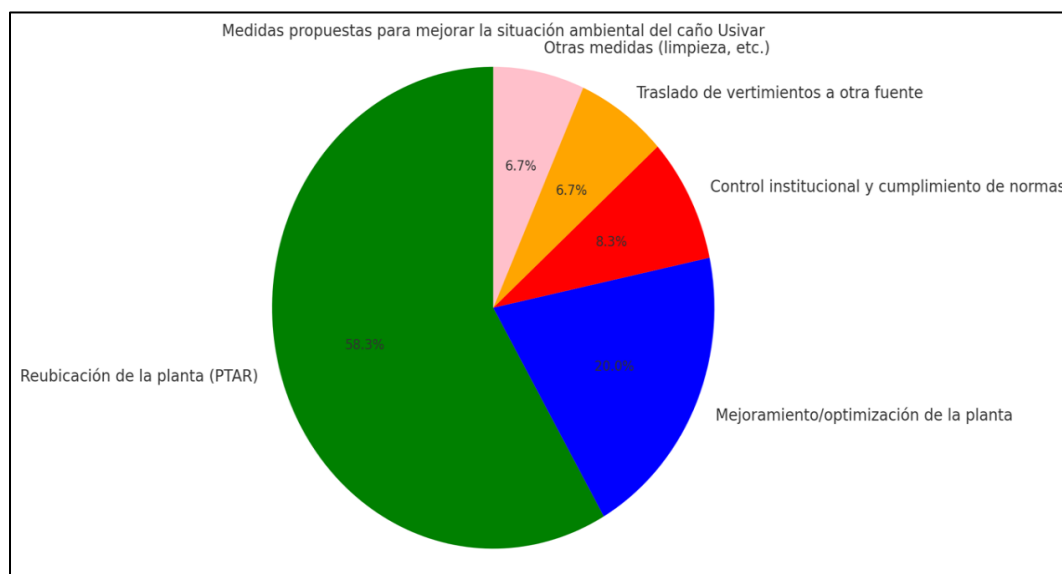
Por su parte, la mayoría de las familias entrevistadas coincidieron en señalar que se han interpuesto quejas formales ante Corporinoquia, la Alcaldía de Yopal y la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal (EAAAY); así mismo, se mencionó de manera reiterada la existencia de una acción popular interpuesta contra la empresa de acueducto, la cual constituye el mecanismo judicial más significativo impulsado por la comunidad; sin embargo, las personas perciben que esta acción no ha tenido resultados visibles ni ha logrado transformar la situación; a lo largo de los relatos, se evidenció que la Junta de Acción Comunal (JAC) ha jugado un papel central en la canalización de las denuncias, sirviendo como mediadora entre los habitantes y las instituciones.

No obstante, la percepción general es que las instituciones “hacen oídos sordos” o se limitan a realizar visitas de inspección sin resultados concretos, lo que ha generado una creciente desconfianza hacia las autoridades ambientales y gubernamentales; el tono de las respuestas refleja un sentimiento de cansancio y resignación; varias personas señalaron que, pese a las denuncias reiteradas, los años han pasado sin soluciones, lo que ha llevado a que algunos habitantes opten por guardar silencio o dejar de denunciar al considerar que “nada cambia” o que los entes de control solo generan trámites sin acciones reales.

En relación a las medidas propuestas para mejorar la situación ambiental del caño Usivar, en conjunto, la narrativa de la comunidad muestra que su participación no ha sido pasiva: se han movilizado, han usado los mecanismos institucionales y legales disponibles, y han buscado actuar colectivamente.

Figura 17.

Medidas para mejorar la contaminación ambiental



Nota: Medidas o acciones para mitigar la contaminación ambiental. Fuente: Autor, 2025.

Sin embargo, la ausencia de respuestas efectivas y sostenibles por parte de las autoridades ha debilitado la confianza y ha consolidado la percepción de abandono estatal; esta dinámica el problema ambiental, erosiona la cohesión social y la disposición comunitaria a continuar insistiendo en la defensa de su territorio.

9.2. Impactos Ambientales Más Significativos. (Objetivo 2)

Se realizó petición a la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia), a cerca de los resultados de los monitoreos que se le realizan a la PTAR de la ciudad de Yopal, en la vereda de San Rafael. Radicado 2025-9093, cuyos resultados de laboratorio recopilados por la corporación, entre 2018 y 2024 evidencian un panorama ambiental preocupante para el caño Usivar y el sistema hídrico asociado; de acuerdo con los informes

técnicos, los parámetros físico-químicos monitoreados (pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales, Grasas y Aceites, entre otros) revelan alteraciones significativas que ponen en riesgo tanto la calidad del agua como la biodiversidad acuática. Anexo 1. Corporinoquia. (2025): Resultados de monitoreo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal (2018–2024).

Uno de los hallazgos más relevantes corresponde a los altos niveles de DBO₅ y DQO, indicadores directos de la presencia de materia orgánica y contaminantes en el agua; en las mediciones de 2024, por ejemplo, la DBO₅ en la entrada de la PTAR superó los 120 mg/L, mientras que en el punto de descarga al caño Usivar los valores, aunque menores (63 mg/L), continúan siendo elevados respecto a estándares de calidad aceptables para cuerpos receptores de agua dulce; este comportamiento refleja que el sistema de tratamiento reduce parcialmente la carga contaminante, pero no garantiza una depuración suficiente (Corporinoquia, 2025).

En cuanto al Oxígeno Disuelto, se observa una variabilidad significativa; mientras en algunos puntos aguas arriba se alcanzaron valores cercanos a 8 mg/L, en las salidas y descargas al caño se registraron descensos hasta niveles críticos de 3.5–4.8 mg/L; tales cifras implican un estrés para los organismos acuáticos, dado que concentraciones inferiores a 5 mg/L limitan la supervivencia de peces y macroinvertebrados, reduciendo la biodiversidad local. (Corporinoquia, 2025).

Otro aspecto crítico es la conductividad eléctrica y la presencia de sólidos suspendidos totales; los valores elevados (superiores a 200–800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos puntos) indican acumulación de sales, nutrientes y partículas en suspensión, lo que contribuye a la turbidez y afecta los procesos de fotosíntesis en las comunidades acuáticas; así mismo, la detección de Grasas, Aceites y Fenoles, aunque en algunos casos en concentraciones bajas, confirma el vertimiento de contaminantes de origen doméstico e industrial que deterioran progresivamente la calidad del agua (Corporinoquia, 2025).

En términos comparativos, los registros históricos desde 2018 muestran un patrón constante: el caño Usivar recibe cargas contaminantes persistentes, con poca variación positiva a lo largo de los años. Incluso, los resultados más recientes confirman que, a pesar de los esfuerzos de monitoreo y control, la PTAR de Yopal sigue siendo una fuente de presión ambiental, ya que no logra un tratamiento integral de los vertimientos antes de su disposición final en el cuerpo hídrico receptor. (Corporinoquia, 2025).

Los impactos ambientales más significativos en el caño Usivar se concentran en cinco dimensiones críticas:

- Pérdida de biodiversidad,
- Degradación de la calidad del agua,
- Alteración del cauce
- Riesgos sanitarios y

- Pérdida cultural y social.

De este modo, estos problemas, persistentes por más de tres décadas, han transformado al caño de un recurso vital en un foco de contaminación y riesgo; la evidencia técnica de Corporinoquia (2018–2024) confirma que los vertimientos de la PTAR de Yopal son la principal fuente de presión ambiental; la situación exige medidas estructurales de saneamiento y restauración ecológica, acompañadas de una gestión institucional más efectiva y participativa.

Así pues, en la Tabla 2, se presentan los criterios, valores de calificación y la aplicación de la metodología de Matriz de Conesa, la cual es utilizada para la identificación y valoración de los impactos ambientales asociados a las actividades que inciden sobre el Caño Usivar; esta metodología permite estimar la importancia de cada impacto mediante la ponderación de variables como la intensidad, extensión, persistencia, reversibilidad y otros factores relevantes, facilitando así una evaluación integral de las afectaciones sobre los componentes ambientales.

Tabla 2

Matriz CONESA

ítem	Actividad / Fuente de impacto	Factor ambiental afectado											
			IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I
1	Vertimiento de aguas residuales domésticas	Agua superficial	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	49

		(calidad físicoquímica y biológica)												
		Agua, salud												
	Operación ineficiente de	pública y												
2	la PTAR	biota acuática	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	49
	Disposición inadecuada	Suelo, agua y												
3	de residuos sólidos	paisaje	4	2	4	4	3	2	4	4	2	3	42	
	Uso de agroquímicos en	Flora y fauna												
4	actividades agrícolas	acuática	4	4	3	3	3	2	4	4	2	3	44	
		Suelo,												
	Ganadería en ronda	vegetación												
5	hídrica	riberaña	2	2	2	2	2	1	1	4	2	3	27	
		Ecosistema												
	Deforestación de la ronda	riberaño y												
6	hídrica	biodiversidad	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	50	
	Proliferación de vectores													
7	(mosquitos, roedores)	Salud pública	4	4	4	2	2	2	4	4	4	2	44	

Nota: Se evidencia matriz Conesa. Fuente: Autor, 2025.

Tabla 3

Escala de ponderación matriz Conesa Fernández

Si I <25; impacto irrelevante
Si I ≥25<50; impacto Moderado
Si I ≥50<75; impacto Severo
Si I ≥75; impacto Crítico
$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$

Nota: se evidencia tabla de ponderación matriz Conesa.

Tabla 4

Criterios de evaluación de impactos ambientales y su valoración

NATURALEZA		INTENSIDAD (IN)	
Impacto beneficioso	+	Baja o mínima	1
		Media	2
		Alta	4
Impacto perjudicial	-	Muy Alta	8
		Total	12
EXTENSION (EX)		MOMENTO (MO)	
Puntual	1	Largo plazo	1

Parcial	2	Medio plazo	2
Amplio o Extenso	4	Corto Plazo	3
Total	8	Inmediato	4
Crítica	(+4)	Critico	(+ 4)
PERSISTENCIA (PE)		REVERSIBILIDAD (RV)	
Fugaz o Efímero	1	Corto plazo	1
Momentáneo	1	Medio plazo	2
Temporal o Transitorio	2	Largo plazo	3
Pertinaz o persistente	3	Irreversible	4
Permanente y constante	4		
SINERGIA (SI)		ACUMULACIÓN (AC)	
Sin Sinergismo o simple	1	Simple	1
Sinergismo moderado	2	Acumulativo	4
Muy Sinérgico	4		
EFEECTO (EF)		PERIODICIDAD (PR)	
Indirecto o secundario	1	Irregular	1
Directo o primario	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC)			
De manera inmediata	1		

corto plazo	2
Mediano plazo	3
Largo plazo	4
Mitigable, sustituible y compensable	4
Irrecuperable	8

Nota: se evidencia tabla de valoración matriz Conesa.

Los impactos ambientales más críticos se asocian principalmente a los vertimientos de aguas residuales domésticas y a la operación ineficiente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); estos impactos se caracterizan por presentar una alta importancia, elevada intensidad, gran persistencia en el tiempo y una baja capacidad de recuperabilidad, lo que permite clasificarlos como impactos negativos severos sobre el recurso hídrico, la biodiversidad y la calidad de vida de la población asentada en el área de influencia del caño.

En la matriz obtuvo un valor de importancia (I) de 49, con una clasificación de impacto moderado, esto afecta la calidad fisicoquímica y biológica del agua superficial; el resultado indica que la descarga de aguas residuales genera alteraciones significativas en el recurso hídrico, pero todavía puede ser controlado mediante medidas de tratamiento, monitoreo y manejo adecuado de vertimientos.

Así mismo, se identifica la presencia de efectos sinérgicos y acumulativos, dado que las distintas fuentes de impacto, como los vertimientos de aguas residuales, la disposición inadecuada de residuos sólidos y la deforestación de la ronda hídrica, se refuerzan mutuamente, intensificando el deterioro ambiental del ecosistema y acelerando la pérdida de sus funciones

o /

ecológicas; en la matriz se obtuvo un valor de importancia (I) de 44 con una clasificación de impacto moderado, lo que quiere decir que la proliferación de vectores representa un riesgo para la salud pública, especialmente en zonas con acumulación de residuos o aguas estancadas; este impacto puede controlarse mediante saneamiento ambiental y control sanitario.

Por otro lado, la operación ineficiente de la PTAR en la matriz presenta un valor de importancia (I) de 49, clasificándose como un impacto moderado, ya que una gestión inadecuada de la planta de tratamiento puede generar descargas con contaminantes que afectan la calidad del agua, la biota acuática y la salud pública; no obstante, este impacto puede mitigarse mediante mejoras en la operación, mantenimiento y control del sistema.

En materia de disposición inadecuada de residuos sólidos obtuvo un valor de importancia de 42, también catalogado como impacto moderado, debido a que puede ocasionar contaminación del suelo y del agua, además del deterioro del paisaje; sin embargo, sus efectos pueden reducirse mediante la implementación de estrategias adecuadas de gestión de residuos y programas de educación ambiental.

Asimismo, el uso de agroquímicos en actividades agrícolas registró un valor de importancia de 44, correspondiente a un impacto moderado, dado que estos insumos pueden generar contaminación difusa en los cuerpos de agua y afectar la flora y fauna acuática, situación que puede controlarse mediante la aplicación de buenas prácticas agrícolas y el manejo responsable de productos químicos.

--

En cuanto a la ganadería en ronda hídrica, se obtuvo un valor de importancia de 27, clasificado como impacto moderado bajo, puesto que la presencia de ganado en estas zonas puede provocar compactación del suelo, procesos de erosión y deterioro de la vegetación ribereña, por lo que resulta necesario implementar medidas de manejo y restricción del acceso del ganado a las áreas de protección hídrica.

Finalmente, la deforestación de la ronda hídrica presenta el valor de importancia más alto ($I = 50$), clasificándose como un impacto severo, debido a que afecta directamente el ecosistema ribereño y la biodiversidad, reduciendo la estabilidad del suelo, alterando los hábitats y deteriorando la calidad del agua, lo que hace indispensable la implementación de acciones prioritarias de restauración ecológica, conservación y manejo sostenible del recurso natural.

En relación con la salud pública, se evidencian impactos directos, inmediatos y de alta periodicidad, derivados principalmente de la exposición constante de la comunidad a aguas contaminadas, malos olores y proliferación de vectores, lo cual incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dermatológicas, afectando de forma especial a niños y adultos mayores.

Tabla 5

Resultado de evaluación de impacto ambiental.

Actividad / Fuente de impacto	Factor ambiental afectado	Tipo de impacto	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sine rgia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)	Significado
Vertimiento de aguas residuales domésticas	Agua superficial (calidad físico química y biológica)	Negativo	Alta	Amplio/extendido	Inmediato	Permanente	Largo plazo	Sinérgico moderado	Acumulativo	Directo	Continuo	Largo plazo	49	Moderao
Operación ineficiente de la PTAR	Agua, salud pública y biota acuática	Negativo	Alta	Amplio/extendido	Inmediato	Permanente	Largo plazo	Sinérgico moderado	Acumulativo	Directo	Continuo	Largo plazo	49	Moderao
Disposición inadecuada de residuos sólidos	Suelo, agua y paisaje	Negativo	Alta	Parcial	Inmediato	Permanente	Largo plazo	Sinérgico moderado	Acumulativo	Directo	Periódico	Mediano plazo	42	Moderao

Actividad / Fuente de impacto	Factor ambiental afectado	Tipo de impacto	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)	Significado
Uso de agroquímicos en actividades agrícolas	Flora y fauna acuática	Negativo	Alta	Amplio/extendido	Corto plazo	Pertinaz/persistente	Largo plazo	Sinérgico moderado	Acumulativo	Directo	Periódico	Mediano plazo	44	Modrado
Ganadería en ronda hídrica	Suelo, vegetación ribereña	Negativo	Mediana	Parcial	Medio plazo	Temporal	Medio plazo	Sinérgico	Simplificado	Directo	Periódico	Mediano plazo	27	Modrado
Deforestación de la ronda hídrica	Ecossistema ribereño y biodiversidad	Negativo	Alta	Amplio/extendido	Corto plazo	Permanente	Largo plazo	Muy sinérgico	Acumulativo	Directo	Continuo	Largo plazo	50	Severo
Proliferación de vectores (mosquitos,	Salud pública	Negativo	Alta	Amplio/extendido	Inmediato	Temporal	Medio plazo	Sinérgico moderado	Acumulativo	Directo	Continuo	Corto plazo	44	Modrado

Actividad / Fuente de impacto	Factor ambiental afectado	Tipo de impacto	Intensidad (IN)	Extensión (EX)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Sinergia (SI)	Acumulación (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PR)	Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)	Significado
roedores)														

Nota: Se evidencia matriz de impacto ambiental. Fuente: Autor, 2025.

Los impactos de mayor magnitud se concentran en el recurso hídrico y se derivan principalmente del vertimiento de aguas residuales domésticas y de la operación ineficiente de la PTAR (I=49 en ambos casos); lo que genera como resultado la presentación de intensidad alta, extensión amplia/extensa y carácter permanente, con una reversibilidad estimada en el largo plazo que los ubica en el límite superior de la categoría moderado, a solo un punto del umbral de severo; su persistencia compromete de forma sostenida la calidad físico-química del agua superficial, la biota acuática, ronda hídrica del caño Usivar y la salud pública asociada al deficiente tratamiento de vertimientos.

La deforestación de la ronda hídrica, aunque de intensidad y extensión similares a las anteriores, escala a la categoría Severo (I=50) por su alto grado de sinergia con otros procesos del ecosistema ribereño, lo que la convierte en el impacto de mayor prioridad de gestión pese a

no ser el de efecto más inmediato; el uso de agroquímicos en la actividad agrícola y la proliferación de vectores comparten un patrón de magnitud alta y extensión amplia, con recuperabilidad estimada en el mediano y corto plazo respectivamente, mientras que la disposición inadecuada de residuos sólidos y la ganadería en ronda hídrica presentan los valores de importancia más bajos del conjunto (I=42 y I=27).

Tabla 6

Análisis matriz 2 causa-efecto

Acción/actividad	Impacto primario (proceso causal)	Efectos secundarios	Matriz causa-efecto			
			Efectos terciarios	Factor ambiental afectado	Indicadores de seguimiento	Medidas de manejo (prevención, mitigación, corrección, compensación)
Vertimiento de aguas residuales domésticas sin tratamiento	Aumento de carga orgánica (DBOs, DQO), sólidos y patógenos, conforme al análisis emitido por Corporinoquia	Disminución de O ₂ disuelto; proliferación de coliformes; olores	Mortandad de peces; riesgos sanitarios (gastrointestinales, dérmicos)	Agua superficial, biota acuática, salud pública		Conexiones formales a PTAR, control de vertimientos, vigilancia comunitaria, monitoreo mensual, sanción y mejora de pretratamientos domiciliarios
Operación PTAR con baja eficiencia	Efluente fuera de norma (sub-remoción de	Enriquecimiento orgánico aguas abajo; espumas	Eutrofización, pérdida de hábitat	Agua, biota, paisaje	% remoción PTAR (DBOs, DQO, SST),	Optimización de procesos (aireación, lodos), mantenimiento, ampliación de capacidad,

	DBOs/DQ O y SST)				caudales, nutrientes	plan de mejora con metas trimestrales
Disposición inadecuada de residuos sólidos en riberas	Aporte de lixiviados y microplásticos	Fauna atraída; vectores	Degradación paisajística, riesgos a salud	Suelo, agua, paisaje, salud	Puntos críticos de residuos, conductividad, microplásticos	Recolección selectiva, puntos limpios, barrido de orilla, control y sanción, educación y jornadas mensuales
Ganadería en franja de protección (pisoteo, abrevaderos)	Erosión de orilla; aporte de coliformes y nutrientes	Aumento de turbidez; compactación	Pérdida de cobertura riparia; azolvamiento	Suelo, agua, hábitat ribereño	Turbidez, SST, fósforo total, coliformes	Aislamiento de ronda (cercas vivas), bebederos alejados del cauce, revegetalización con nativas, acuerdos con fincas
Deforestación de la ronda hídrica	Pérdida de sombra y retención de sedimentos	Mayor temperatura del agua	Estrés térmico en ictiofauna	Hábitat, biota, agua	% cobertura ribereña, temperatura del agua	Restauración asistida, control de talas, incentivos de conservación
Escorrentía urbana (aguas lluvias mezcladas)	Aporte de aceites, metales y sólidos	Picos de caudal y arrastre	Inundaciones locales, colmatación	Agua, suelo, infraestructura	Hidrocarburos totales, metales, caudales pico	SUDS (zanjas, humedales), rejillas y separadores, plan de limpieza pluvial
Actividades de educación y participación comunitaria	Mejora de prácticas domésticas	Reducción de vertimientos y residuos	Fortalecimiento del control social	Comunidad, Entidades	N.º talleres, asistencia, reportes ciudadanos	Programas continuos, veedurías, pactos de cumplimiento

Vigilancia y control institucional insuficiente	Baja disuasión	Incumplimiento recurrente	Cronificación de impactos	Entidades	N.º inspecciones, procesos sancionatorios	Plan de inspección con metas/cronograma, publicación de resultados
--	----------------	---------------------------	---------------------------	-----------	---	--

Nota: Se evidencia matriz #2 causa y efecto. Fuente: Autor, 2025.

En la ilustración se evidencia que las principales afectaciones sobre el caño Usivar y su entorno provienen de vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento adecuado, operación deficiente de la PTAR, disposición inadecuada de residuos sólidos, actividades ganaderas en zonas ribereñas, deforestación y escorrentía urbana. Estos factores generan una cadena de impactos que afectan agua, suelo, aire, biodiversidad y salud comunitaria.

9.2.1. Impactos Primarios Y Secundarios

- Vertimientos de aguas residuales: Aumento de carga orgánica y sólidos patógenos, disminución de oxígeno disuelto, proliferación de olores y coliformes.
- Operación ineficiente de la PTAR: Efluentes fuera de norma, con enriquecimiento orgánico aguas abajo y pérdida de hábitats.
- Residuos sólidos en riberas: Aporte de lixiviados y microplásticos que degradan paisajes y generan riesgos sanitarios.

- Ganadería en franja de protección: Erosión de orillas, compactación del suelo y pérdida de cobertura ribereña.
- Deforestación y escorrentía urbana: Mayor sedimentación, aumento de temperatura del agua y aporte de contaminantes como aceites y metales pesados.
- Falta de vigilancia institucional: Baja disuasión y repetición de incumplimientos normativos.

9.2.2. Factores ambientales afectados

- Se afectan principalmente agua superficial, suelos, aire, biota acuática, salud pública, paisajes y hábitat ribereño, generando deterioro ecológico y riesgos sociales.

9.2.3. Medidas de manejo propuestas

- La matriz recomienda acciones de prevención, mitigación y compensación, entre ellas:
- Conexiones formales a la PTAR, control de vertimientos y sanciones.
- Optimización de procesos de la PTAR y mejoramiento de caudales.
- Recolección selectiva de residuos y campañas comunitarias.
- Recuperación de coberturas ribereñas con cercas vivas y acuerdos con fincas.
- Implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, humedales y rejillas para escorrentías.
- Programas continuos de educación ambiental y planes de inspección institucional.

9.3.Estrategias De Prevención, Mitigación Y Corrección De Los Impactos Evaluados Para El Área De Influencia Del Caño Usivar. (Objetivo 3)

La problemática ambiental del Caño Usivar ha sido reconocida por la comunidad de la vereda San Rafael de Morichal como una de las principales amenazas a su salud, entorno y medios de subsistencia; los vertimientos de aguas residuales domésticas, sumados a la falta de acciones efectivas de mitigación, han deteriorado significativamente los componentes ecológicos de este afluente; en consecuencia, se plantean las siguientes estrategias de prevención, mitigación y corrección, centrada en la restauración asistida de los ecosistemas y la apropiación comunitaria, en coherencia con la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico y los lineamientos de restauración ecológica en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) (Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 4143, 2025).

Tabla 7

Estrategias de prevención, mitigación y corrección de los impactos evaluados

Objetivo específico	Acciones principales	Responsables	Indicadores de seguimiento
Generación de nuevos impactos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Programas de educación ambiental en la comunidad. - Campañas de separación en la fuente y disposición 	<p>Juntas de Acción Comunal (JAC), Alcaldía de Yopal, Corporinoquia, Instituciones educativas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - N.º de talleres de capacitación realizados. - N.º de familias vinculadas a prácticas de manejo de residuos. - Conformación y

97

	<p>adecuada de residuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Creación de veedurías ciudadanas ambientales. 		<p>funcionamiento de al menos 1 veeduría comunitaria.</p>
Mitigar los impactos actuales en el caño	<ul style="list-style-type: none"> - Optimización de la PTAR y control de vertimientos. - Limpieza periódica del cauce y control de residuos sólidos. - Reforestación ribereña con especies nativas. 	<p>Empresa de Acueducto (EAAAY), Alcaldía, Corporinoquia, Comunidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - % de reducción de residuos sólidos en el cauce. - N.º de jornadas de limpieza realizadas al año. - Hectáreas reforestadas en riberas.
Corregir daños ecológicos ya presentes	<ul style="list-style-type: none"> - Restauración asistida de ecosistemas degradados. - Reintroducción de especies vegetales y faunísticas. - Biofiltros naturales con plantas acuáticas. - Recuperación de suelos ribereños mediante barreras vivas. 	<p>Corporinoquia, Gobernación de Casanare, ONG ambientales, Comunidad local.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Hectáreas en proceso de restauración. - N.º de especies reintroducidas. - Parámetros de calidad del agua (Oxígeno Disuelto, Turbiedad, pH).
Garantizar la apropiación social de la estrategia	<ul style="list-style-type: none"> - Talleres participativos para priorizar acciones. - Escuelas ambientales comunitarias. - Involucrar a jóvenes y líderes como gestores ambientales. 	<p>Comunidad, JAC, Instituciones educativas, Alcaldía, ONG.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - N.º de talleres y encuentros realizados. - N.º de jóvenes vinculados como gestores. - N.º de convenios firmados. - Percepción positiva de la comunidad sobre el programa.

-
- Convenios solidarios entre comunidad y entidades.
-

Nota: Estrategias de prevención, mitigación y corrección de impactos. Fuente: Autor, 2025.

9.3.1. Medidas de Manejo de residuos solidos

La disposición inadecuada de residuos sólidos en la ronda hídrica y el cauce del caño Usivar constituye una de las fuentes de contaminación identificadas por la comunidad de la vereda San Rafael de Morichal, aunque los vertimientos de aguas residuales domésticas y la operación deficiente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Yopal representan los impactos de mayor magnitud, calificados como críticos en la Matriz de Conesa (I = 49), la acumulación de residuos sólidos agrava las condiciones ambientales existentes y genera efectos sinérgicos que intensifican el deterioro del ecosistema acuático.

Los testimonios comunitarios y el registro fotográfico documentado en el presente estudio evidencian la presencia de colchones, llantas, escombros, plásticos, muebles, ropa y residuos domésticos de diversa índole tanto en el cauce como en la ronda del caño; este material no solo deteriora el paisaje y bloquea el flujo hídrico, sino que constituye un vector de contaminación química y biológica, un criadero activo de mosquitos transmisores del dengue, y un riesgo sanitario directo para las 60 familias asentadas en el área de influencia directa.

Con base en los recorridos de campo, el registro fotográfico y los testimonios de las 60 familias entrevistadas mediante muestreo intencional, se identificaron las siguientes categorías de residuos en el cauce y la ronda hídrica del caño Usivar:

Tabla 8

Clasificación de residuos sólidos identificados en el caño Usivar

Tipo de residuo	Ejemplos identificados en el caño	Origen probable	Riesgo ambiental
Residuos domésticos ordinarios	Bolsas, envases plásticos, empaques	Viviendas sin recolección formal	Contaminación hídrica, obstrucción del cauce
Residuos especiales voluminosos	Colchones, muebles, electrodomésticos	Disposición clandestina en ronda	Bloqueo del cauce, lixiviados, alteración del paisaje
Residuos de construcción y demolición (escombros)	Concreto, ladrillos, materiales de obra	Construcciones informales en área de influencia	Colmatación del cauce, pérdida de sección hidráulica
Residuos de llantas	Llantas de vehículos	Talleres, particulares	Criadero de vectores (<i>Aedes aegypti</i>), compuestos tóxicos

Tipo de residuo	Ejemplos identificados en el caño	Origen probable	Riesgo ambiental
Residuos agrícolas	Envases de agroquímicos, restos de cosecha	Predios agrícolas en zona de influencia	Contaminación química del agua y suelo
Residuos peligrosos domésticos	Pilas, pinturas, aceites usados	Hogares sin programa de recolección diferenciada	Toxicidad acuática, bioacumulación

Nota: Clasificación elaborada a partir de recorridos de campo y testimonios comunitarios. Fuente: Autor, 2025.

9.3.2. Causas de la Disposición Inadecuada

El análisis comunitario y el diagnóstico de campo permiten identificar las siguientes causas estructurales de la problemática:

- Cobertura insuficiente del servicio de recolección formal en la vereda San Rafael de Morichal: la frecuencia y los horarios de recolección no se ajustan a las necesidades del sector rural periurbano.
- Ausencia de infraestructura de contención: no existen puntos limpios, contenedores comunitarios ni zonas de acopio transitorio en el área de influencia del caño.

- Falta de programas de separación en la fuente: la comunidad no cuenta con capacitación ni con los medios materiales para clasificar residuos en origen.
- Percepción de abandono institucional: la baja presencia y efectividad de las autoridades ambientales ha generado una cultura de disposición directa en la ronda hídrica, que se ha normalizado a lo largo de décadas.
- Ausencia de control y sanción efectiva: según los testimonios, las visitas de Corporinoquia y la EAAAY no han derivado en acciones disuasorias concretas.
- Crecimiento urbano y rural no planificado: el aumento de viviendas en el área de influencia del caño, sin la correspondiente ampliación de infraestructura de saneamiento, ha incrementado el volumen de residuos generados.

9.3.3. Efectos Ambientales y Sanitarios Asociados

La Matriz de Conesa aplicada en el Objetivo 2 asignó a la disposición inadecuada de residuos sólidos un valor de importancia de 42, catalogado como impacto moderado pero con efectos acumulativos y sinérgicos respecto a los vertimientos de aguas residuales.

Los efectos concretos identificados incluyen:

- Obstrucción del cauce: los residuos voluminosos (colchones, llantas, escombros) reducen la sección hidráulica del caño, contribuyendo a los desbordamientos registrados en temporada de lluvias.

- Generación de lixiviados: la descomposición de materia orgánica y residuos de diversa composición química produce lixiviados que infiltran el suelo y contamina las aguas subterráneas y superficiales.
- Proliferación de vectores: los residuos acumulados, especialmente llantas y empaques plásticos con agua estancada, actúan como criaderos de *Aedes aegypti* (dengue) y otras especies de mosquitos, incrementando la incidencia de enfermedades vectoriales en la comunidad.
- Atracción de fauna sinantrópica: la presencia de residuos orgánicos atrae roedores, gallinazos y otros animales que representan un riesgo sanitario adicional.
- Degradación del paisaje y pérdida de valor predial: la transformación del caño en botadero ha devaluado los predios aledaños y deteriorado la calidad paisajística de la zona.
- Efectos sobre la biodiversidad: los residuos plásticos y los lixiviados aportan microplásticos y compuestos tóxicos que afectan la fauna acuática residual y dificultan cualquier proceso de recuperación ecológica.

9.3.4. Objetivo de las Medidas de Manejo

Establecer un conjunto de acciones de prevención, mitigación y corrección que permitan eliminar progresivamente la disposición inadecuada de residuos sólidos en el cauce y la ronda

hídrica del caño Usivar, reducir los impactos ambientales y sanitarios asociados, y fortalecer la gestión comunitaria e institucional de los residuos generados en el área de influencia directa.

9.3.5. Fichas de Medidas de Manejo Ambiental

A continuación se presentan las fichas de medida de manejo ambiental para la gestión integral de residuos sólidos en el área de influencia del caño Usivar; cada ficha establece el tipo de medida, las acciones concretas, los responsables, los indicadores de seguimiento y el horizonte de implementación.

9.3.6. Ficha RS-01: limpieza y recuperación de la ronda hídrica

FICHA RS-01	LIMPIEZA Y RECUPERACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA DEL CAÑO USIVAR
Tipo de medida	Corrección y mitigación
Impacto que atiende	Obstrucción del cauce, degradación del paisaje, proliferación de vectores, riesgo de inundación por colmatación
Descripción	Realización de jornadas sistemáticas de limpieza del cauce y la ronda hídrica del caño Usivar para extraer residuos sólidos acumulados (voluminosos, plásticos, escombros, llantas y residuos domésticos), con caracterización in situ y disposición final en sitios autorizados.

Acciones	<p>1. Levantamiento de puntos críticos de disposición ilegal mediante cartografía participativa con la comunidad.</p> <p>2. Jornadas trimestrales de limpieza ribereña con participación comunitaria, convocadas por la JAC y respaldadas por Corporinoquia y la Alcaldía.</p> <p>3. Contratación de maquinaria para extracción de residuos voluminosos (colchones, escombros, llantas). 4. Separación y pesaje de los residuos extraídos por categoría para registro y seguimiento.</p> <p>5. Transporte y disposición final en sitio autorizado o entrega a gestores certificados (llantas, escombros, residuos peligrosos).</p> <p>6. Instalación de barreras físicas (cercas temporales o vivas) en los puntos de mayor vertimiento para prevenir reincidencia.</p>
Responsables	Corporinoquia (supervisión y apoyo técnico), Alcaldía de Yopal (logística y recursos), EAAAY (transporte de residuos), JAC San Rafael de Morichal (convocatoria y participación comunitaria)
Indicadores de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Toneladas de residuos extraídos por jornada • Número de jornadas realizadas por año (meta: mínimo 4 anuales) • Porcentaje de puntos críticos recuperados • Reducción del índice de obstrucción del cauce (valoración visual y batimétrica)
Horizonte de implementación	Inmediato (inicio en los primeros 6 meses) y continuo

Costo estimado	A definir por cotización municipal; incluye maquinaria, transporte y gestión de residuos especiales
Normativa aplicable	Decreto 1077/2015, Ley 1333/2009, Código Nacional de Recursos Naturales (art. 133-135)

Nota: Elaboración propia con base en normativa citada y diagnóstico comunitario. Fuente: Autor, 2025.

9.3.7. Ficha RS-02: ampliación de la cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos

FICHA RS-02	AMPLIACIÓN DE LA COBERTURA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
Tipo de medida	Prevención
Impacto que atiende	Disposición clandestina de residuos en la ronda hídrica por ausencia de alternativa formal de recolección
Descripción	Gestión ante la EAAAY y la Alcaldía de Yopal para garantizar la prestación regular del servicio de recolección de residuos sólidos en la vereda San Rafael de Morichal, con frecuencia mínima de dos veces por semana y horarios adaptados a las dinámicas rurales del sector.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de diagnóstico de cobertura actual del servicio de aseo en el área de influencia. 2. Solicitud formal y acompañada por Corporinoquia y la JAC ante la EAAAY para ampliación de rutas.

	<p>3. Instalación de puntos limpios comunitarios con contenedores diferenciados (orgánico, reciclable, ordinario) en mínimo tres puntos estratégicos del área de influencia.</p> <p>4. Diseño e implementación de rutas de recolección selectiva diferenciada.</p> <p>5. Jornadas semestrales de recolección especial para residuos de llantas, escombros y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).</p> <p>6. Fortalecimiento del PGIRS municipal para incorporar el sector de San Rafael de Morichal como zona prioritaria.</p>
Responsables	EAAAY (operación del servicio), Alcaldía de Yopal (financiación) Secretaría de medio ambiente y cambio climático (gestión), Corporinoquia (control y seguimiento), JAC (gestión comunitaria)
Indicadores de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura del servicio de recolección en el área (% de hogares atendidos) • Frecuencia de recolección efectiva (días/semana) • Número de puntos limpios instalados y en operación • Cantidad de residuos recolectados formalmente (kg/mes)
Horizonte de implementación	Corto plazo (6 a 18 meses)
Normativa aplicable	Ley 142/1994, Decreto 1077/2015, Decreto 2981/2013, plan de gestión integral de residuos sólidos de Yopal

Nota: Elaboración propia con base en normativa citada y diagnóstico comunitario. Fuente: Autor, 2025.

9.3.8. Ficha rs-03: programa de separación en la fuente y educación ambiental

FICHA RS-03	PROGRAMA DE SEPARACIÓN EN LA FUENTE Y EDUCACIÓN AMBIENTAL EN GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS
Tipo de medida	Prevención
Impacto que atiende	Generación de residuos mixtos no aprovechables, disposición inadecuada por desconocimiento de alternativas
Descripción	Implementación de un programa continuo de educación ambiental enfocado en la separación en la fuente, el aprovechamiento de residuos y la prohibición de disponer residuos en fuentes hídricas, dirigido a las familias del área de influencia del caño Usivar, instituciones educativas y establecimientos comerciales del sector.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Talleres participativos de capacitación en separación en la fuente (orgánico, reciclable, ordinario, peligroso), con materiales didácticos adaptados al contexto rural. 2. Distribución de kits de separación domiciliaria (bolsas o recipientes diferenciados) a las 60 familias del área de influencia directa. 3. Vinculación de la institución educativa del sector para incorporar la gestión de residuos en el currículo ambiental escolar. 4. Formación de gestores ambientales comunitarios: jóvenes y líderes capacitados para replicar las prácticas y hacer seguimiento. 5. Campaña comunicacional: pendones, cartillas y mensajes por redes comunitarias sobre la prohibición de arrojar residuos al caño. 6. Articulación con recicladores de oficio de la zona para fortalecer la cadena de aprovechamiento de materiales reciclables.
Responsables	Corporinoquia (diseño técnico y financiación), Alcaldía de Yopal - Secretaría de Educación y medio Ambiente (coordinación), Instituciones educativas (implementación en aulas), JAC (convocatoria y seguimiento)

Indicadores de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Número de talleres realizados y familias capacitadas • Porcentaje de hogares con prácticas de separación en la fuente (encuesta semestral) • Número de gestores ambientales comunitarios formados (meta: mínimo 10) • Reducción de residuos en puntos críticos del caño (registro fotográfico trimestral)
Horizonte de implementación	Corto plazo e indefinido (proceso continuo)
Normativa aplicable	Resolución 2184/2019 (MADS), Ley 99/1993, CONPES 4143/2025

Nota: Elaboración propia con base en normativa citada y diagnóstico comunitario. Fuente: Autor, 2025.

9.3.9. Ficha rs-04: control, vigilancia y sanción de la disposición ilegal de residuos

FICHA RS-04	CONTROL, VIGILANCIA Y SANCIÓN DE LA DISPOSICIÓN ILEGAL DE RESIDUOS EN LA RONDA HÍDRICA
Tipo de medida	Mitigación y corrección (control institucional)
Impacto que atiende	Persistencia de la disposición ilegal de residuos por ausencia de control efectivo
Descripción	Implementación de un mecanismo sistemático de control y sanción sobre la disposición ilegal de residuos sólidos en la ronda hídrica del caño Usivar, articulando la capacidad coercitiva de Corporinoquia, la Alcaldía y la Policía Ambiental con la participación activa de veedurías ciudadanas.

Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño e implementación de un plan de inspección mensual de la ronda hídrica del caño Usivar por parte de Corporinoquia, con registro fotográfico georreferenciado. 2. Conformación de una veeduría ciudadana ambiental en la vereda San Rafael de Morichal, con capacitación en mecanismos de denuncia y reporte. 3. Habilitación de canal de reporte ciudadano (línea directa o aplicación) para denunciar disposición ilegal de residuos. 4. Aplicación del régimen sancionatorio de la Ley 1333 de 2009 a personas naturales o jurídicas que dispongan residuos en la ronda hídrica. 5. Instalación de señalización ambiental en los puntos críticos del caño, informando sobre la prohibición legal y las sanciones aplicables. 6. Publicación periódica de los resultados de inspección y acciones tomadas, como mecanismo de transparencia y generación de confianza comunitaria.
Responsables	Corporinoquia (autoridad ambiental, inspección y sanción), Policía Ambiental y de Carabineros (control en campo), Alcaldía de Yopal (apoyo logístico), Veeduría ciudadana (reporte y seguimiento)
Indicadores de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Número de inspecciones realizadas por mes • Número de procesos sancionatorios iniciados y resueltos • Número de reportes ciudadanos recibidos y atendidos • Reducción porcentual de puntos activos de disposición ilegal
Horizonte de implementación	Inmediato y continuo

Normativa aplicable	Ley 1333/2009, Código Nacional de Recursos Naturales, Decreto 1076/2015
---------------------	---

Nota: Elaboración propia con base en normativa citada y diagnóstico comunitario. Fuente: Autor, 2025.

9.3.10. Ficha rs-05: gestión diferenciada de residuos especiales y peligrosos

FICHA RS-05	GESTIÓN DIFERENCIADA DE RESIDUOS ESPECIALES Y PELIGROSOS
Tipo de medida	Prevención y corrección
Impacto que atiende	Toxicidad acuática y terrestre por llantas, residuos de construcción, envases de agroquímicos y residuos peligrosos domésticos
Descripción	Establecimiento de mecanismos específicos de recolección, transporte y disposición final de residuos especiales y peligrosos generados en el área de influencia del caño Usivar, en articulación con gestores autorizados por el MADS y los sistemas de responsabilidad extendida del productor (REP) vigentes en Colombia.
Acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jornadas semestrales de recolección especial de llantas usadas, articuladas con el sistema de gestión de llantas usadas (Rueda Verde o similar, bajo Resolución 1326/2017). 2. Jornadas de recolección de envases de agroquímicos en articulación con el programa Campo Limpio y el ICA. 3. Campañas de recolección de RAEE (aparatos electrónicos y pilas) con entidades del sector bajo la Ley 1672/2013. 4. Gestión de puntos de acopio temporal para escombros, con derivación a escombreras municipales autorizadas. 5. Capacitación a las familias sobre identificación y manejo de residuos peligrosos domésticos (pinturas, aceites, medicamentos vencidos).

	6. Articulación con la EAAAY para la inclusión de estas categorías en el PGIRS municipal actualizado.
Responsables	Corporinoquia (supervisión y apoyo técnico), Gestores autorizados (operación logística), Alcaldía de Yopal (coordinación y financiación), JAC (convocatoria), Sector agrícola (participación en recolección de envases)
Indicadores de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Toneladas de llantas gestionadas por año • Número de jornadas de recolección especial realizadas • Cantidad de envases de agroquímicos recolectados • Número de familias que entregan residuos peligrosos en puntos de acopio
Horizonte de implementación	Corto y mediano plazo (primera jornada en los primeros 12 meses)
Normativa aplicable	Resolución 1326/2017 (llantas), Ley 1672/2013 (RAEE), Decreto 4741/2005 (residuos peligrosos), Resolución 1675/2013 (envases agroquímicos)

Nota: Elaboración propia con base en normativa citada y diagnóstico comunitario. Fuente: Autor, 2025.

9.3.11. Programa de recolección y transporte de residuos sólidos en el área de influencia

El programa de recolección y transporte establece los componentes operativos mínimos para garantizar una gestión formal y sistemática de los residuos sólidos en el sector, articulando actores institucionales y comunitarios:

Tabla 9

Componentes del programa de recolección y transporte de residuos sólidos

Componente	Descripción	Frecuencia	Responsable
Recolección puerta a puerta	Rutas formales en sector de influencia del caño	Mínimo 2 veces/semana	EAAAY / Alcaldía de Yopal
Puntos limpios comunitarios	Contenedores diferenciados (orgánico, reciclable, ordinario)	Permanente / vaciado 2×/semana	Alcaldía, JAC
Jornadas de limpieza ribereña	Extracción de residuos voluminosos del cauce y ronda	Trimestral (o post-lluvia intensa)	Corporinoquia, Alcaldía, Comunidad
Recolección de residuos especiales	Llantas, escombros, RAEE, residuos peligrosos	Semestral / jornadas programadas	EAAAY, gestores autorizados
Monitoreo de puntos críticos	Identificación y registro de sitios de disposición ilegal	Mensual	Veeduría ciudadana, Corporinoquia

Nota: Componentes del programa de recolección elaborados con base en el diagnóstico comunitario y normativa vigente. Fuente: Autor, 2025.

9.3.12. Plan de Seguimiento y Monitoreo

El seguimiento de las medidas de manejo de residuos sólidos requiere un sistema integrado que articule el monitoreo técnico-ambiental con la participación comunitaria activa; los parámetros de evaluación incluyen tanto indicadores cuantitativos (toneladas de residuos gestionados,

cobertura del servicio) como cualitativos (percepción comunitaria del estado del caño, frecuencia de reportes de disposición ilegal).

Se propone la realización de informes semestrales de seguimiento elaborados conjuntamente por Corporinoquia, la Alcaldía de Yopal y la JAC de San Rafael de Morichal, con publicación de resultados accesibles para la comunidad; estos informes deberán cruzar los indicadores de gestión de residuos con los parámetros de calidad hídrica del caño Usivar monitoreados por Corporinoquia (Radicado 2025-9093), de manera que sea posible establecer correlaciones entre la reducción de la carga de residuos sólidos y la mejora en los parámetros fisicoquímicos del agua.

La veeduría ciudadana ambiental, contemplada en la Ficha RS-04, constituye el mecanismo de participación principal; su fortalecimiento depende de la voluntad institucional para reconocer y respaldar formalmente su rol, lo cual representa uno de los desafíos más significativos dado el historial de abandono institucional documentado en el presente estudio.

9.3.13. Cronograma de Implementación

Tabla 10

Cronograma de implementación de medidas de manejo de residuos sólidos

Actividad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Diagnóstico participativo de residuos sólidos	✓				
Instalación de puntos limpios comunitarios	✓				
Campaña de separación en la fuente	✓	✓	✓	✓	✓
Ampliación de rutas de recolección formal	✓	✓			
Jornadas de limpieza ribereña del caño Usivar	✓	✓	✓	✓	✓
Programa de educación ambiental en instituciones educativas	✓	✓	✓	✓	✓
Fortalecimiento de veedurías ciudadanas		✓	✓	✓	✓
Evaluación y seguimiento del plan		✓	✓	✓	✓
Gestión de sitio de disposición final o PGIRS municipal		✓	✓	✓	✓

Nota: Cronograma de implementación a cinco años. Las actividades del año 1 son prioritarias dado el carácter crítico de la situación. Fuente: Autor, 2025.

9.3.14. Actores institucionales y comunitarios

La implementación efectiva de las medidas de manejo de residuos sólidos requiere la articulación de actores con roles claramente definidos:

- Corporinoquia: autoridad ambiental regional; ejerce funciones de control, inspección, vigilancia y sanción; co-financia y supervisa técnicamente los programas de restauración y educación ambiental.
- Alcaldía de Yopal – Secretaría de Ambiente y Secretaría de Planeación: gestión operativa, logística y financiera de las acciones municipales; responsable de la actualización e implementación del PGIRS.
- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Yopal (EAAAY): prestadora del servicio de aseo; responsable de ampliar la cobertura de recolección y operar los puntos limpios.
- Junta de Acción Comunal (JAC) de San Rafael de Morichal: articuladora comunitaria, responsable de convocar la participación y gestionar los acuerdos locales.
- Instituciones educativas: incorporan la educación ambiental en el currículo y forman a los estudiantes como multiplicadores de buenas prácticas.
- Gestores de residuos autorizados (MADS): operan la cadena de aprovechamiento, tratamiento y disposición final de residuos reciclables, peligrosos y especiales.

- Comunidad de la vereda San Rafael de Morichal: protagonista del cambio; participa en jornadas de limpieza, separación en la fuente, veedurías y monitoreo del estado del caño.
- Veeduría ciudadana ambiental: mecanismo de participación y control social; reporta irregularidades, hace seguimiento a los compromisos institucionales y fortalece la gobernanza ambiental local.

10. Resultados Esperados De Las Estrategias Propuestas

- Reducción de los vertimientos contaminantes y residuos sólidos en el caño, relacionado con la disminución progresiva de las descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento y de los residuos sólidos arrojados directamente al cuerpo hídrico; se busca que con la implementación de medidas como la conexión a sistemas de tratamiento, el control institucional de vertimientos y las campañas de sensibilización comunitaria contribuyan con la reducción de la carga contaminante que llega al caño.
- Recuperación progresiva de la cobertura vegetal y por ende la fauna silvestre, la cual busca favorecer la estabilidad del suelo, la regulación de la temperatura del agua y la creación de hábitats adecuados para diversas especies de fauna local, incluyendo aves, peces y pequeños mamíferos, promoviendo así el restablecimiento del equilibrio ecológico del área.
- Mejoramiento en la calidad del agua y disminución de olores y vectores, la cual busca mejorar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, tales como la

11 /

disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos y coliformes, lo que contribuiría, además, con una menor generación de olores y en la reducción de vectores sanitarios como moscas y mosquitos, lo cual impacta positivamente en la salud y bienestar de la comunidad cercana.

- Generación de corresponsabilidad comunitaria en la protección del recurso hídrico, la cual implica que los habitantes adopten prácticas responsables en el manejo de residuos y el uso del agua, fortaleciendo el control social y la vigilancia comunitaria frente a actividades que puedan generar contaminación.
- Consolidación de la restauración asistida como modelo de gestión ambiental local, mediante el apoyo de la recuperación natural de los ecosistemas con acciones planificadas como la revegetalización, el control de actividades degradantes y el monitoreo ambiental.

11. Conclusiones

La contaminación del caño Usivar en el tramo de la vereda San Rafael de Morichal constituye un problema ambiental y social de larga data, originado principalmente por los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales, sumados al inadecuado manejo de residuos sólidos.

Este proceso ha generado la pérdida casi total de biodiversidad, el deterioro de la calidad del agua y la transformación del caño en un foco de olores fétidos, vectores de enfermedades y riesgo sanitario para la población; los efectos en la salud (afecciones respiratorias, cutáneas y gastrointestinales), así como en la vida cotidiana de los habitantes, evidencian un impacto directo y sostenido sobre la comunidad; además, la falta de respuestas efectivas por parte de las instituciones ha reforzado la percepción de abandono estatal y la resignación comunitaria; en suma, el caño Usivar pasó de ser un recurso vital y culturalmente significativo para convertirse en un símbolo de degradación ambiental y social que exige medidas urgentes de restauración y corresponsabilidad institucional y comunitaria.

Los resultados de los monitoreos realizados por Corporinoquia entre 2018 y 2024 confirman un deterioro ambiental sostenido en el caño Usivar, derivado principalmente de los vertimientos de la PTAR de Yopal; los altos niveles de DBO₅ y DQO, junto con la reducción crítica del oxígeno disuelto, evidencian además, que el sistema de tratamiento no garantiza la depuración necesaria para proteger el ecosistema acuático; a esto se suman la elevada conductividad, la acumulación de sólidos suspendidos, grasas y aceites, que incrementan la turbidez y dificultan los procesos biológicos esenciales para la biodiversidad.

En consecuencia, los impactos más significativos se expresan en cinco ejes interrelacionados: (1) pérdida de biodiversidad acuática, (2) degradación de la calidad del agua, (3) alteración del cauce y sedimentación, (4) riesgos sanitarios para la población y (5) pérdida cultural y social del uso tradicional del caño; los resultados obtenidos de la matriz

Conesa, muestran que varios de los impactos evaluados presentan valores de importancia, clasificados como moderados; esto significa que, aunque generan cambios notables en la calidad fisicoquímica y biológica del agua, aún es posible controlarlos si se aplican medidas adecuadas de manejo, tratamiento y seguimiento ambiental;

Sin embargo, la deforestación de la ronda hídrica se destaca como el impacto más preocupante, ya que alcanzó un valor de importancia de 50, lo que lo ubica dentro de la categoría de impacto severo; esta situación afecta directamente la estabilidad del ecosistema ribereño, provoca la pérdida de hábitats naturales y contribuye al deterioro progresivo de la calidad del agua.

La implementación de la estrategia propuesta para el Caño Usivar se configura como una hoja de ruta integral que articula acciones ambientales, sociales e institucionales; al abordar la problemática desde la prevención de nuevos impactos, la mitigación de los actuales y la corrección de los daños ya presentes, se sientan bases sólidas para garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico.

En este marco, la educación ambiental y la conformación de veedurías comunitarias fortalecerán la corresponsabilidad ciudadana, mientras que la optimización de la PTAR y las jornadas de limpieza periódicas permitirán evidenciar mejoras visibles en la calidad del agua y en la reducción de residuos sólidos; asimismo, las acciones de restauración asistida y reforestación ribereña contribuirán a recuperar la biodiversidad perdida y

estabilizar los suelos; un elemento diferenciador de la estrategia es la apropiación social a través de talleres, escuelas ambientales y el liderazgo de jóvenes, lo que garantiza sostenibilidad a largo plazo al convertir a la comunidad en protagonista de la protección de su entorno. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

De esta forma, es importante mencionar que los resultados esperados frente a las estrategias propuestas pueden contribuir a la reducción de contaminantes, recuperación de la cobertura vegetal y fauna, mejora de la calidad del agua, y fortalecimiento de la gobernanza ambiental local, lo que puede aportar a la restauración ecológica del Caño Usivar, además podría constituir un modelo replicable de gestión participativa en otros territorios.

12. Recomendaciones

- Realizar un estudio integral inicial a través del cual se midan los parámetros físico-químicos y microbiológicos del caño Usivar (DBO₅, DQO, SST, coliformes, metales pesados), con el fin de construir una línea base actualizada y a través de monitoreos periódicos se logren evaluar los avances de las estrategias de mitigación aplicadas.
- Desarrollar investigaciones longitudinales apoyadas en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para mapear las fuentes de contaminación, su evolución temporal y su relación con los cambios de uso del suelo y crecimiento urbano en Yopal y sus corregimientos.

- Profundizar en los efectos económicos y sociales que la contaminación del caño Usivar genera sobre las familias afectadas, incluyendo costos en salud, pérdida de productividad, migración y percepción del riesgo ambiental.
- Aplicar pruebas eco toxicológicas con especies indicadoras (*Daphnia magna*, *Selenastrum capricornutum*, entre otras) para determinar los niveles de toxicidad real del agua y su impacto en la biodiversidad acuática.
- Realizar estudios que comparen la situación del caño Usivar con otros cuerpos de agua contaminados en Casanare (río Cravo Sur, caño Charte) para identificar patrones comunes y replicar buenas prácticas en saneamiento.
- Evaluar la efectividad de los mecanismos de participación ciudadana y control social en la gestión ambiental, así como las barreras institucionales que limitan la corresponsabilidad entre comunidad y autoridades.
- Integrar escenarios de variabilidad climática y eventos extremos (inundaciones, sequías) en la evaluación de riesgos del caño Usivar, para fortalecer la planificación adaptativa del recurso hídrico.
- En cuanto a las mejoras del sistema implementado se recomienda realizar una auditoría técnica integral de la PTAR de Yopal para identificar cuellos de botella operativos, proponer ampliaciones de capacidad y modernizar procesos con tecnologías biológicas y energéticamente eficientes.

- Diseñar un sistema digital de monitoreo (sensores, telemetría, datos abiertos) que permita a Corporinoquia y la Alcaldía de Yopal detectar vertimientos ilegales y cambios abruptos en la calidad del agua.
- Crear un comité interinstitucional permanente (Corporinoquia, EAAY, Alcaldía, comunidad y academia) que garantice la continuidad de las acciones de mitigación y seguimiento ambiental.
- Estructurar e implementar Proyectos ciudadanos de educación ambiental – PROCEDAs - en escuelas, juntas de acción comunal y asociaciones campesinas, orientados al manejo adecuado de residuos sólidos y prevención de vertimientos.
- Implementar jornadas de reforestación con especies nativas en las rondas hídricas del caño Usivar, involucrando a la comunidad local como actores de restauración y vigilancia ambiental.
- Fortalecer la recolección selectiva, los puntos ecológicos y las campañas de reciclaje, reduciendo la disposición inadecuada de desechos domésticos e industriales en la ronda hídrica.
- Integrar el plan de manejo del caño Usivar al Plan Departamental de Aguas y al Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas del río Cravo Sur, garantizando coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 13 y 15).

13. Bibliografía

- Alcaldía de Yopal. (2020). Análisis de Situación de Salud con el modelo de los Determinantes Sociales de Salud del municipio de Yopal 2019. Secretaría de Salud Municipal
- Ambiental., O. d. (03 de 06 de 2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Obtenido de <https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/287/Fiscalizacion%20ambiental%20en%20aguas%20residuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrios Ziolo, L. F., Gaviria Restrepo, L. F., Agudelo, E. A., & Cardona Gallo, S. A. (2017). Estudio de la toxicidad asociada al vertimiento de aguas residuales con presencia de colorantes y pigmentos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista Facultad de Ingeniería*, (83), 48–60.
- Call, S. M., & Bauman, J. M. (2021). *Tidal marsh plant community development within four restored lowland estuaries in the Western Peninsulas of Washington State, USA*. *American Journal of Plant Sciences*, 12, 1543–1558. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.1210109>
- Carrillo, M. G., Ortega, J. G., Robles, M. Á., Rangel, P. P., Vázquez, M. G., & Salas, U. G. (2021). *Terra Latinoam Vol.38 No.4 Chapingo*.
- Celis Rivera, P. A., & Pedraza Gómez, R. C. (2008). Análisis de los factores de amenaza y riesgo por inundación de áreas adyacentes al río Cravo Sur, en Yopal [Monografía de especialización, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio UIS.
- Cuesta-Parra, D. M., Velazco-Rincón, C. L., & Castro-Pardo, J. C. (2018). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 141–152.

- Coveñas Quintana, C. E. (2017). Impacto ambiental por vertimiento de aguas servidas domésticas en las características físicas, químicas y biológicas en el agua de mar - Bocana Norte [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
- Chávez Ortiz, J., Rascón, J., & Eneque Puicón, A. (2017). Evaluación del impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad del río Ventilla, Amazonas. *Revista INDES*, 3(1), 99–107
- Congreso De Colombia. (1984). Decreto 1594 De 1984. Por El Cual Se Reglamenta Parcialmente El Título I De La Ley 9ª De 1979 Sobre Usos Del Agua.
- Congreso De Colombia. (1993). Ley 99 De 1993. Por La Cual Se Crea El Ministerio Del Medio Ambiente Y Se Reordena El Sector Público Encargado De La Gestión Y Conservación Del Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales Renovables. *Diario Oficial* No. 41.146.
- Conesa, F. D. (1997). *Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental*. Mundi-Prensa.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2025). Política Nacional de Cuidado – CONPES 4143. Departamento Nacional de Planeación.
- De la Hoz Herrera, G. J. (2023). La incidencia de la adecuada interpretación del marco jurídico de las rondas hídricas para el ordenamiento del territorio [Tesis de maestría, Universidad Externado de Colombia]. Repositorio Institucional.
- Díaz Duque, C. A. (2004). Modelo de implementación de la gestión ambiental basado en la NTC ISO 14001/96 para el sistema operativo de la empresa de acueducto y alcantarillado de Yopal ESP [Trabajo de grado, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle.
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”. Ley 2294 de 2023. Gobierno de Colombia

- Fernández, L. S., Kulich, E. I., & Gutiérrez, C. M. (2018). Estudio Del Impacto Ambiental Del Vertimiento De Aguas Residuales Sobre La Capacidad De Autodepuración Del Río Portoviejo, Ecuador. *Cen. Az. Vol.45 No.1* Santa Clara.
- Folke, C. (2006). Resilience: The Emergence Of A Perspective For Social–Ecological Systems Analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability And Transformability. *Ecology And Society*, 15(4), 20. <https://www.ecologyandsociety.org/Vol15/Iss4/Art20/>
- García Vargas, L. D., & Cortés Peralta, N. S. (2009). Evaluación de los impactos ambientales generados en la Finca Matadepantano ubicada en el Piedemonte Casanareño [Trabajo de grado, Universidad de La Salle]. *Ciencia Unisalle*
- Iberdrola. (s. f.). ¿Qué es la contaminación del agua?. Iberdrola.
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>
- Parra, D. M., Rincón, C. L., & Pardo, J. C. (2018). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres en la cuenca del río Aburrá. *Revista UIS Ingenierías*.
- Medina, C. J., Hernández, S. R., Rodríguez, M. A., Rodarte, R. T., Hernández, B. Q., & Rodríguez, I. (2007). Impacto de la descarga de aguas residuales en la calidad del río Mololoa (Nayarit, México) y propuestas de solución . *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3 (1), 65-73.

Gobernación de Casanare & Environmental Ingenieros Consultores Ltda. (s.f.). Capítulo 12.

Componente ambiental y recurso hídrico. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Cravo Sur.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.

<http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodología%20de%20la%20Investigación%20SAMPIERI.pdf>

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales (IDEAM). (2024). Cuerpos O Cursos De Agua. Glosario. Recuperado El 17 De Mayo De 2025, De [Https://Www.Ideam.Gov.Co/Atencion-Y-Servicios-A-La-Ciudadania/Glosario/Cuerpos-O-Cursos-De-Agua](https://Www.Ideam.Gov.Co/Atencion-Y-Servicios-A-La-Ciudadania/Glosario/Cuerpos-O-Cursos-De-Agua)

Lima Huacho, L. M. (2020). Efecto del vertimiento de aguas residuales domiciliarias en la calidad del agua en el río Sicra Lircay – Huancavelica 2018 [Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería].

Mamani Fernández, Y. L. (2024). Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Ayaviri - 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos].

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. (2010). Decreto 3930 De 2010. Por El Cual Se Reglamenta El Manejo De Vertimientos. [Https://Www.Minambiente.Gov.Co](https://Www.Minambiente.Gov.Co)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Lineamientos para la Restauración Ecológica en Colombia. Bogotá: MinAmbiente. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/12/Plan-Nacional-de-Restauracion-2-3.pdf>

Moreno Parra, G. H. (2018). Estrategia de prevención de la contaminación de los afluentes dulces durante la fase de exploración de hidrocarburos sobre el sector Bloque Llanos 34 (vereda La Esperanza), en el municipio de Tauramena, Casanare [Trabajo de grado, Universidad El Bosque]. Repositorio Institucional Universidad El Bosque.

Organización De Las Naciones Unidas (ONU). (2015). Agenda 2030 Para El Desarrollo Sostenible. <https://Sdgs.Un.Org/Es/Goals>

Organización De Las Naciones Unidas Para La Educación, La Ciencia Y La Cultura (UNESCO). (2022). World Water Development Report 2022: Groundwater – Making The Invisible Visible. <https://Unesdoc.Unesco.Org>

Organización Mundial De La Salud (OMS). (2021). Agua, Saneamiento Y Salud Pública. <https://Www.Who.Int>

Organización Panamericana De La Salud (OPS). (2019). Agua Segura Y Salud: Prevención De Enfermedades Transmitidas Por El Agua. <https://Www.Paho.Org>

Organización Para La Cooperación Y El Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). Water And Climate Change: Understanding The Interlinkages. <https://Www.Oecd.Org>

Palacios Palacios, S. N. (2025). *[Título del trabajo]* [Trabajo de titulación de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. Repositorio Institucional UNESUM. [Repositorio Institucional UNESUM](#)

Pérez Malagón, M. A., & Patiño Barragán, J. J. (2008). Evaluación de los riesgos de contaminación del acuífero perteneciente al área urbana del municipio de San Luis de Palenque – Casanare [Trabajo de grado, Universidad de La Salle].

Plazas Ortega, L. M. (2020). Usos de las especies forestales que hacen parte de los sistemas productivos en el de Tacarimena, jurisdicción del Municipio de Yopal [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD.

Pinzón de la Rosa, K. J. (2018). *Afectación ambiental de la calidad del agua del caño Usivar generada por la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Yopal, departamento de Casanare* (Tesis de maestría). Universidad de Manizales.

Puerto Bohorquez, L. P. (2023). Assessing wastewater treatment in Yopal, Colombia using GIS [Master's thesis, University of San Francisco]. USF Scholarship.

Programa De Las Naciones Unidas Para El Medio Ambiente (PNUMA). (2021). Contaminación Del Agua: Causas, Impactos Y Soluciones. <https://www.unep.org>

Quiroz, L. S., Izquierdo, E., & Menéndez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Ciencia en su Máxima Expresión*, 45(1), 1–20.

Rawls, J. (2001). Justicia Como Equidad: Una Reformulación. Fondo De Cultura Económica.

Rojas Atencio, S. M. (2024). Identificación de variables incidentes en el crecimiento urbano y su impacto ambiental en Colombia entre los años 2000 y 2023. *Revista Ciencia e Ingeniería*.

Sánchez Guarquín, J. M., & Oliveros Orjuela, R. P. (2018). Análisis de los resultados generados a partir de la modelación hidráulica de 3.5 km del Caño Usivar del municipio de Yopal, departamento de Casanare en el software HEC-RAS 5.0.5 1D y 2D [Trabajo de especialización, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito]. Repositorio Institucional.

Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) & Fundación Universitaria de San Gil (UNISANGIL). (2024). Gestión jurídica del recurso hídrico: Análisis de caso del río Cravo Sur. Grupo de investigación Pensamiento, Derecho y Sociedad.

Velásquez Arias, J. A. (2016). Contaminación de suelos y cuerpos de agua por hidrocarburos en Colombia: Fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación [Trabajo de especialización, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional.

14. Anexos

los documentos adjuntos fueron obtenidos con fines académicos y estos no gozan de reserva legal.

- Anexo 1. Corporinoquia. (2025). *Resultados de monitoreo de la PTAR de Yopal (2018–2024)*. Yopal: Corporación Autónoma Regional de la Orinoquía.
- Anexo 2. matriz de impacto ambiental- matriz causa efecto
- Anexo 3. Formato de entrevista.
- Anexo 4. Certificado de realizacion encuesta.