

Diagnóstico Ambiental: Estrategias de Manejo y Recuperación de la Quebrada La Carbonera en el Municipio de La Mesa, Cundinamarca, desde una Perspectiva de Educación Ambiental y Sostenibilidad Territorial

Environmental Diagnosis: Management and recovery strategies for the La Carbonera Creek in La Mesa, Cundinamarca, from an Environmental Education and Territorial Sustainability perspective.

Álvaro Andrés Perilla Rojas

Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Santo Tomás

Programa de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales

Centro de Atención Universitaria Facatativá

Directora de monografía:

MSc Yenny Beatriz Mendoza Plazas Agróloga

Junio de 2026

Tabla de contenido

Resumen	6
Abstract.....	8
Introducción	10
Planteamiento del Problema	14
Justificación.....	19
Preguntas de Investigación	25
Pregunta Principal	25
Preguntas Secundarias.....	25
Objetivos	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos	26
Marco Referencial.....	27
Antecedentes	27
Caracterización Territorial del Municipio de La Mesa.....	28
La Quebrada La Carbonera en su Contexto Hídrico Regional	29
La PTAR del Municipio de La Mesa.....	29
Marco Institucional y Normativo	30
Constitución Política de Colombia	31
Leyes.....	31
Decretos.....	33
Resoluciones	34
Jurisprudencia ambiental.....	36
Marco Teórico	39
Gestión Integral del Recurso Hídrico	39
Ecología de Cuerpos Hídricos Urbanos	41
Contaminación Hídrica por Vertimientos Domésticos.....	42
Restauración Ecológica Fluvial.....	44
Educación Ambiental como Estrategia de Sostenibilidad	45
Gobernanza Ambiental del Agua	47

Marco Conceptual	49
Metodología	52
Tipo y Enfoque de Investigación	52
Unidad de Análisis y Corpus Documental	53
Fases Metodológicas	56
Fase 1. Preparatoria	56
Fase 2. Descriptiva	56
Fase 3. Interpretativa por Núcleo Temático	57
Fase 4. Construcción Teórica Global.....	61
Fase 5. Extensión y Socialización.....	63
Reconocimiento Territorial Complementario	63
Resultados y Discusiones	64
Resultado del Objetivo 1. Estado Ambiental de la Quebrada La Carbonera	64
Resultado del Objetivo 2. Gestión Ambiental Institucional y Comunitaria	67
Resultado del Objetivo 3. Experiencias Comparables	69
Resultado del Objetivo 3. Estrategias Integrales Propuestas	71
Discusión General	74
Conclusiones	76
Respecto a la Gestión Institucional	76
Síntesis General	78
Aporte al Programa AARN y a la Línea L5	78
Limitaciones y Líneas Futuras	79
Recomendaciones	80
A la CAR Cundinamarca	80
A la Alcaldía Municipal de La Mesa	80
A las Organizaciones Comunitarias	81
Al Programa AARN y al Grupo GARN	81
Glosario	82
Cronograma de Trabajo	85
Instrumentos de planificación y gestión ambiental	85
Presupuesto	87
Impacto del Proyecto	88

Impacto Ambiental	88
Impacto Social	88
Impacto Institucional	88
Impacto Académico	89
<i>Referencias</i>	<i>90</i>
<i>Apéndice A</i>	<i>97</i>
Matriz de Análisis Documental	97
<i>Apéndice B</i>	<i>98</i>
Ficha de Reconocimiento Territorial Complementario	98
<i>Apéndice C</i>	<i>110</i>
Listado de Fuentes Documentales por Categoría Analítica	110
Categoría 1. Estado Ambiental.....	110
Categoría 2. Gestión Institucional.....	110
Categoría 3. Experiencias Comparables.....	110
Categoría 4. Marco Normativo.....	110
Categoría 5. Educación Ambiental.....	110
<i>Apéndice D</i>	<i>112</i>
Cartografía de la Quebrada La Carbonera	112

Lista de tablas

Tabla 1 Síntesis de importancia y aplicabilidad del marco normativo	37
Tabla 2 Composición del corpus documental	55
Tabla 3 Tipología del corpus documental	55
Tabla 4 Procedimiento de análisis de contenido aplicado al corpus documental según Bardin	59
Tabla 5 Correspondencia entre objetivos, fuentes y procedimientos metodológicos	60
Tabla 6 Trazabilidad de los hallazgos del estado ambiental de la quebrada La Carbonera	65
Tabla 7 Trazabilidad de la gestión ambiental institucional y comunitaria.....	67
Tabla 8 Experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas y su transferibilidad a La Carbonera	70
Tabla 9 Estrategias integrales propuestas para el manejo y recuperación de la quebrada La Carbonera.....	72
Tabla 10 Distribución de actividades por bloques de fechas (mayo–junio de 2026).....	85
Tabla 11 Presupuesto de la investigación documental	87
Tabla 12 Síntesis del proceso de selección y conformación del corpus documental	97

Lista de figuras

Figura 1 Mapa georreferenciado del recorrido de observación no participante sobre la quebrada La Carbonera, La Mesa, Cundinamarca.	99
Figura 2 Punto 1. Aguas grisáceas y muro de contención en el sector de la calle 8	100
Figura 3 Punto 1. Espuma superficial y residuos sólidos en el cauce.....	101
Figura 4 Punto 2. Estructura en abandono sobre la franja de protección, carrera 21	102
Figura 5 Punto 2. Columnas con acero expuesto y escombros en la ronda hidráulica	103
Figura 6 Punto 2. Obra inconclusa y estructura de paso sobre el cauce	104
Figura 7 Punto 3. Cauce con muro de contención y residuos dispersos, calle 6.....	105
Figura 8 Punto 3. Talud con residuos y vegetación intervenida	106
Figura 9 Punto 4. Tramo canalizado con aguas grisáceas y sedimentos	107
Figura 10 Punto 4. Cauce confinado entre edificaciones	108
Figura 11 Punto 5. Canal trapezoidal revestido en piedra, calle 6 con carrera 19	109
Figura 12 Mapa de división político-administrativa urbana del municipio de La Mesa, Cundinamarca	112

Resumen

La presente monografía analiza el estado ambiental de la quebrada La Carbonera, ubicada en el casco urbano del municipio de La Mesa, Cundinamarca, y formula estrategias integrales de manejo y recuperación articuladas a la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes de sostenibilidad territorial. La quebrada recorre tres kilómetros desde el barrio Pajonales hasta el barrio hatonorte bajo y finaliza su descarga al río Apulo, afluente del río Bogotá, y presenta deterioro progresivo asociado a vertimientos domésticos directos, disposición irregular de residuos sólidos en su ronda hidráulica y operación intermitente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales municipal. Las intervenciones previas de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca y la Alcaldía Municipal no han generado resultados sostenibles, evidenciando una brecha estructural de gobernanza ambiental. La investigación se desarrolló bajo el paradigma cualitativo con enfoque de investigación documental, siguiendo el modelo de cinco fases propuesto por Hoyos Botero (2000) y complementado con la técnica de análisis de contenido de Bardin (2002). El corpus documental estuvo conformado por informes técnicos institucionales, normativa ambiental colombiana, planes de ordenamiento territorial, informes de seguimiento de la PTAR por la CAR Cundinamarca y el plan estratégico de la empresa Regional Aguas del Tequendama y literatura científica sobre experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas en Colombia. El resultado obtenido es un instrumento técnico que articula acciones técnicas, normativas, ecológicas y educativo-comunitarias, dirigido a reducir la carga contaminante, fortalecer la articulación interinstitucional y promover la

cultura del cuidado del agua en los barrios aledaños, aportando a la línea de Educación y Sostenibilidad del programa Administración Ambiental y de los Recursos Naturales.

Palabras clave: contaminación del agua, gestión de cuencas hidrográficas, participación comunitaria, política ambiental, cultura hídrica.

Abstract

This monograph analyzes the environmental status of the La Carbonera creek, located in the urban area of the municipality of La Mesa, Cundinamarca, and proposes integrated management and recovery strategies articulated with environmental education and community participation as pillars of territorial sustainability. The creek runs three kilometers from the Pajonales neighborhood to its discharge into the Apulo river, a tributary of the Bogotá river, and shows progressive deterioration linked to direct domestic wastewater discharges, irregular solid waste disposal along its hydraulic buffer zone, and intermittent operation of the municipal Wastewater Treatment Plant. Previous interventions by the Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca and the Municipal Government have not produced sustainable results, revealing a structural gap in environmental governance. The research is developed under a qualitative paradigm with a documentary research approach, following the five-phase model proposed by Hoyos Botero (2000) and complemented by Bardin's (2002) content analysis technique. The documentary corpus comprises institutional technical reports, Colombian environmental regulations, territorial planning documents, Monitoring reports on the Wastewater Treatment Plant, by the Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca (CAR), the Strategic Plan of the Regional Water Company Aguas del Tequendama (ERAT), and scientific literature on comparable urban stream recovery experiences in Colombia. The outcome is a technical instrument that articulates technical, regulatory, ecological, and educational-community actions aimed at reducing pollutant loads, strengthening inter-institutional coordination, and fostering water culture in the surrounding neighborhoods, contributing to the Education and

Sustainability research line of the Environmental and Natural Resources Management program.

Keywords: water pollution, watershed management, community participation, environmental policy, water culture.

Introducción

La gestión sostenible del recurso hídrico urbano constituye uno de los retos más urgentes para los municipios intermedios de Colombia. Pese a la reconocida riqueza hídrica del país, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2022) documenta que la mayoría de las cargas contaminantes provienen de núcleos urbanos con sistemas de saneamiento básico deficientes, situación que afecta de manera directa la calidad de los cuerpos hídricos superficiales y sus afluentes. Esta realidad se traduce, en el plano jurídico, en la sentencia del Consejo de Estado del 28 de marzo de 2014, que ordenó la descontaminación progresiva del río Bogotá y vinculó a los municipios aferentes a su cuenca, entre ellos La Mesa, Cundinamarca, cuyo sistema de drenaje urbano tributa al río Apulo, subafluente directo del río Bogotá (Consejo de Estado, 2014; CAR, 2019). En este marco normativo y territorial se inscribe la quebrada La Carbonera, cuerpo hídrico urbano que recorre aproximadamente tres kilómetros por el casco urbano del municipio de La Mesa, desde el barrio Pajonales hasta su descarga al río Apulo, y que presenta un deterioro ambiental crónico documentado en múltiples fuentes institucionales: vertimientos domésticos directos provenientes de un alcantarillado combinado, es decir, la red que conduce en una misma tubería tanto las aguas residuales domésticas como las aguas lluvias, lo que genera desbordes de aguas negras hacia el cauce en episodios de lluvia intensa, la disposición irregular de residuos sólidos sobre su ronda hidráulica, pérdida progresiva de cobertura riparia por invasión constructiva y operación intermitente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales municipal por debajo de su capacidad instalada (CAR, 2021; ERAT, 2025). El corpus documental no permite evidenciar resultados sostenibles de

las intervenciones desarrolladas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, la Alcaldía Municipal y la Empresa Regional Aguas del Tequendama, lo que permite identificar una brecha estructural de gobernanza ambiental que trasciende lo técnico y que se replica en el patrón nacional de fragmentación institucional en la gestión hídrica (Pahl-Wostl et al., 2012; Contraloría General de la República, 2016).

La presente monografía abordó esta problemática con el propósito de proponer estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental para la quebrada La Carbonera, sustentadas en la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes de sostenibilidad territorial. La pertinencia del trabajo se fundamenta en cuatro dimensiones articuladas. Desde la dimensión social, las comunidades aledañas enfrentan afectaciones cotidianas olores ofensivos, proliferación de vectores, deterioro del paisaje urbano que constituyen una vulneración del derecho a un ambiente sano consagrado en el artículo 79 de la Constitución Política (1991). Desde la dimensión normativa, el municipio de La Mesa se encuentra entre los entes accionados por la sentencia río Bogotá y registra incumplimientos reiterados en la actualización de sus instrumentos de planeación ambiental, según observaciones formales de la Contraloría General de la República (2025). Desde la dimensión académica, no existe en la literatura local una propuesta integral que articule las dimensiones técnica, normativa, educativa y comunitaria aplicada específicamente a este cuerpo hídrico, vacío que la presente monografía contribuye a cubrir. Y desde la dimensión disciplinar, el perfil del Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales exige exactamente ese tipo de análisis integrado: caracterizar, analizar y formular, operaciones que estructuran los tres objetivos específicos del trabajo.

La investigación se desarrolló bajo el paradigma cualitativo con enfoque de investigación documental, siguiendo el modelo de cinco fases propuesto por Hoyos Botero (2000) y complementado con la técnica de análisis de contenido de Bardin (2002). El corpus documental estuvo conformado por 42 documentos, entre ellos informes técnicos de la CAR Cundinamarca y la ERAT, instrumentos de planificación como el POMCA del río Apulo, el Plan de Ordenamiento Territorial de La Mesa, el Plan de Desarrollo Municipal y el PGAR, normativa ambiental colombiana, la sentencia del río Bogotá y literatura científica y académica sobre experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas y educación ambiental. Estos instrumentos de planificación se analizaron como fuentes documentales de gestión territorial y ambiental, no como legislación. El proceso se organizó en cinco fases consecutivas: preparatoria, descriptiva, interpretativa por núcleo temático, construcción teórica global y extensión y socialización. Como complemento metodológico se realizó una observación directa no participante de carácter descriptivo sobre el corredor urbano de la quebrada, con registro fotográfico georreferenciado en cinco puntos entre la calle 8 y la calle 6 del casco urbano. Esta actividad tuvo función descriptiva y de triangulación y no correspondió a muestreo ambiental ni generó datos analíticos fisicoquímicos, biológicos o microbiológicos.

El resultado obtenido es un instrumento técnico de diagnóstico y formulación estratégica que articula cuatro dimensiones de intervención: técnica, orientada al mejoramiento operacional de la PTAR y al control de vertimientos puntuales; ecológica, enfocada en la revegetalización del corredor ripario con especies nativas; normativo-institucional, dirigida al fortalecimiento de la articulación entre la CAR, la Alcaldía y la

comunidad y a la actualización del componente ambiental del POT; y educativo-comunitaria, centrada en la implementación de Proyectos Ambientales Escolares en las instituciones aledañas y en la formación de una cultura hídrica sostenida en los barrios del entorno. El análisis documental confirma que la educación ambiental no es un componente accesorio de la gestión hídrica, sino el eje articulador que determina la sostenibilidad de cualquier intervención técnica sobre el territorio (Sauvé, 2005; Ministerio de Educación Nacional y MADS, 2002). El documento se estructura en los siguientes apartados: planteamiento del problema, justificación, preguntas y objetivos de investigación, marco referencial antecedentes, marco teórico, marco conceptual y marco institucional, metodología, resultados y discusión, conclusiones, recomendaciones y apéndices.

Planteamiento del Problema

La gestión sostenible del recurso hídrico constituye uno de los retos ambientales más urgentes para Colombia. De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2022), aunque el país dispone de una oferta hídrica privilegiada en el contexto global, el 74 % de la población se concentra en el área hidrográfica Magdalena-Cauca, que aporta apenas el 13 % del total del recurso hídrico superficial del país, configurando una paradoja estructural entre disponibilidad y demanda. El mismo estudio documenta que las cargas contaminantes vertidas a los cuerpos de agua superficiales en Colombia provienen mayoritariamente de núcleos urbanos con sistemas de saneamiento básico deficientes o intermitentes, particularmente en cabeceras municipales de tamaño intermedio, situación que se ha mantenido sin mejora sustancial pese a la existencia de un marco normativo robusto (IDEAM, 2022).

Dentro de este panorama, la cuenca del río Bogotá constituye el caso más emblemático del país por su grado de deterioro acumulado y por estar sometida a la sentencia judicial ambiental de mayor alcance en la historia colombiana. Mediante providencia del 28 de marzo de 2014, el Consejo de Estado, con ponencia del magistrado Marco Antonio Velilla Moreno, declaró responsables por omisión a 23 entidades nacionales y 43 municipios de la cuenca y ordenó la implementación de medidas estructurales para su descontaminación progresiva, organizadas en cinco ejes interdependientes: articulación interinstitucional y manejo de recursos, calidad del agua, uso del suelo, infraestructura y tecnología, y educación ambiental (Consejo de Estado, 2014). El municipio de La Mesa, en

su condición de territorio aferente a la cuenca baja del río Bogotá a través del río Apulo, se encuentra explícitamente incluido entre los entes accionados por la sentencia.

Pese al carácter perentorio del fallo y al volumen de recursos comprometidos en su cumplimiento, los informes de auditoría de la Contraloría General de la República (2016) calificaron la gestión de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) como deficiente respecto a los objetivos de calidad hídrica, evidenciando un sobre costo del 72 % en el megaproyecto de descontaminación y ausencia de mejora sustancial en la calidad del agua del río. El mismo organismo de control identificó que los municipios de la cuenca baja entre ellos San Antonio del Tequendama, Tena, La Mesa, Anapoima, Apulo, El Colegio y Viotá incumplen sistemáticamente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos definidos para el cuerpo hídrico, situación atribuida principalmente a la deficiente operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales y a la desactualización de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (Contraloría General de la República, 2016).

Más recientemente, la Contraloría General de la República (2025) dirigió a 29 alcaldes de Cundinamarca y a la CAR una observación formal por el incumplimiento de la orden 4.18 de la sentencia río Bogotá, que obliga a los entes territoriales a ajustar sus instrumentos de ordenamiento territorial conforme al POMCA actualizado mediante la Resolución 0957 de 2019. Han transcurrido más de cinco años desde dicha actualización sin que varios municipios incluidos varios de la cuenca baja hayan culminado el ajuste de sus POT, lo que evidencia una brecha estructural entre la planeación de cuencas y el ordenamiento territorial local (Contraloría General de la República, 2025).

En este escenario regional se inscribe la problemática específica de la quebrada La Carbonera, cuerpo hídrico urbano que recorre aproximadamente tres kilómetros en el casco urbano del municipio de La Mesa, en el departamento de Cundinamarca. La quebrada nace en el barrio Pajonales, atraviesa zonas residenciales consolidadas y sectores periurbanos del sur del municipio, y desemboca en el río Apulo, subafluente directo del río Bogotá (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020). A lo largo de su recorrido recibe vertimientos domésticos directos provenientes de un sistema de alcantarillado predominantemente combinado, así como disposición irregular de residuos sólidos sobre su ronda hidráulica, situación que se manifiesta en la coloración negruzca o grisácea del cauce, el olor fétido persistente y el deterioro del corredor ribereño. Estos signos físicos son característicos de cuerpos hídricos lóticos sometidos a contaminación orgánica sostenida en contextos urbanos colombianos (Roldán y Ramírez, 2008), y configuran un cuadro coherente con el patrón de degradación de quebradas urbanas que documenta la literatura nacional para municipios con saneamiento básico deficiente (Roldán et al., 2012).

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipal, dispuesta al final del recorrido y administrada por la Empresa Regional Aguas del Tequendama, opera de manera intermitente y por debajo de su capacidad instalada (Empresa Regional Aguas del Tequendama [ERAT], 2025; CAR, 2021). Esta limitación operativa restringe la depuración del efluente antes de su descarga al río Apulo y, en consecuencia, contribuye directamente a la carga contaminante que llega al río Bogotá, en clara contradicción con las órdenes contenidas en la sentencia río Bogotá (Consejo de Estado, 2014) y con los parámetros

máximos permisibles establecidos en la Resolución 0631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2015).

El problema, sin embargo, trasciende lo técnico-ambiental. El análisis documental no permite identificar una ausencia absoluta de intervenciones, sino una gestión con resultados limitados y brechas de articulación que dificultan la consolidación de procesos sostenibles de recuperación de la quebrada La Carbonera. Estas brechas se manifiestan en al menos cuatro frentes interrelacionados: el seguimiento continuo y técnicamente robusto del estado del cuerpo hídrico; la articulación entre la autoridad ambiental, la administración municipal y el prestador del servicio de saneamiento; la actualización y articulación de los instrumentos de planificación territorial y de cuenca; y la continuidad de los procesos comunitarios y educativos. La evidencia de estas brechas se analiza posteriormente mediante el corpus documental y la matriz de trazabilidad.

La problemática observada en la quebrada La Carbonera no constituye un caso aislado dentro del panorama colombiano. Investigaciones nacionales documentan patrones similares en otros cuerpos hídricos urbanos del país, donde la fragmentación institucional, la subutilización técnica de las plantas de tratamiento y la débil apropiación comunitaria explican de manera recurrente el fracaso de intervenciones técnicamente sólidas. En el municipio de Anolaima, vecino de La Mesa en la provincia del Tequendama, la quebrada El Amarillo ha sido objeto de trabajos que documentan la pertinencia de articular estrategias pedagógicas y comunitarias a las intervenciones de recuperación hídrica como condición de sostenibilidad de largo plazo (Rodríguez, 2019). En la región del Valle de Aburrá, las intervenciones de recuperación de quebradas urbanas desarrolladas en el marco del Plan

Quebradas evidencian la importancia de articular los componentes técnicos, normativos y de gobernanza para garantizar resultados duraderos (Galvis-Ocampo, 2023). Y en el ámbito metropolitano de Medellín, los procesos de recuperación de quebradas urbanas como la Malpaso muestran que el éxito de las intervenciones depende menos de la disponibilidad de recursos técnicos y financieros que de la capacidad de generar acuerdos sostenidos entre actores institucionales y comunitarios (Acevedo y Durango, 2021).

El problema, en síntesis, se enmarca en tres dimensiones interdependientes que demandan un análisis integral. La dimensión técnico-ambiental, relacionada con las fuentes de contaminación, la capacidad de depuración de la PTAR municipal y el estado físico del cauce y su ronda hidráulica. La dimensión político-institucional, asociada a la articulación entre la CAR Cundinamarca, la Alcaldía Municipal, la ERAT y la comunidad, así como al cumplimiento efectivo de las órdenes derivadas de la sentencia río Bogotá. Y la dimensión educativa y cultural, que apunta a la construcción de una cultura hídrica y de corresponsabilidad ciudadana como condición indispensable de sostenibilidad de cualquier intervención técnica sobre el territorio. La presente monografía aborda esta problemática mediante un enfoque de investigación documental, con el propósito de formular estrategias integrales de manejo y recuperación que respondan, de manera articulada, a las tres dimensiones identificadas, en el marco de la línea L5 (Educación y Sostenibilidad) del programa de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales de la Universidad Santo Tomás.

Justificación

La presente monografía se justifica por su pertinencia social, académica, normativa y disciplinar, dimensiones articuladas que convergen en el propósito formulado en el objetivo general: proponer estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental para la quebrada La Carbonera con énfasis en la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes de sostenibilidad territorial. Cada dimensión que se desarrolla a continuación aporta sustento específico al diseño de la investigación: la dimensión social fundamenta la necesidad del diagnóstico ambiental desde la perspectiva de los habitantes afectados; la dimensión académica respalda el rigor metodológico documental que orienta los tres objetivos específicos; la dimensión normativa justifica el análisis de la gestión institucional; y la dimensión disciplinar sustenta la formulación de estrategias integrales desde el perfil del Administrador Ambiental.

Dimensión Social

Las comunidades aledañas a la quebrada La Carbonera residentes de los barrios Pajonales, El Centro, Marsella, Santa Bárbara y sectores periurbanos del norte del municipio enfrentan afectaciones cotidianas asociadas al deterioro del cuerpo hídrico: olores ofensivos persistentes, proliferación de vectores sanitarios, pérdida de calidad del paisaje urbano y restricciones de uso del corredor ribereño, que en condiciones de saneamiento adecuado podría cumplir funciones recreativas, contemplativas y educativas (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020; CAR, 2021). Estas afectaciones constituyen una vulneración del derecho a un ambiente sano consagrado en el artículo 79 de la Constitución

Política de Colombia (1991) y comprometen, en términos prácticos, la calidad de vida de un porcentaje significativo de la población urbana del municipio.

A las afectaciones directas sobre la población residente se suma una dimensión social ampliada que la presente monografía considera relevante: el potencial turístico regional del municipio. La Mesa hace parte de la provincia del Tequendama, integrada por diez municipios Anapoima, Anolaima, Apulo, Cachipay, El Colegio, La Mesa, Quipile, San Antonio del Tequendama, Tena y Viotá, que en los últimos años han venido consolidando una apuesta articulada por el desarrollo del turismo cultural y de naturaleza como eje económico complementario a la actividad agropecuaria tradicional (Gobernación de Cundinamarca, 2022). Esta apuesta regional se materializó en 2024 con la firma del pacto por la cultura y el turismo del Tequendama, suscrito entre el Ministerio de Cultura, el Instituto Departamental de Cultura y Turismo (IDECUT) y los alcaldes de los diez municipios de la provincia (Gobernación de Cundinamarca, 2024). En este contexto, el deterioro visible de los cuerpos hídricos urbanos del municipio constituye un factor que limita el aprovechamiento sostenible de la vocación turística regional, particularmente en un territorio donde el clima templado, los paisajes naturales y la cercanía con Bogotá configuran el principal atractivo (Universidad de La Salle, 2014, citado en estudios sobre desarrollo turístico de La Mesa). Recuperar la calidad ambiental de la quebrada La Carbonera no es, por tanto, solo una acción de saneamiento básico, sino una contribución al modelo de desarrollo regional que el Tequendama viene construyendo.

Dimensión Académica

La revisión documental desarrollada durante la investigación permite identificar dos hallazgos que justifican académicamente la presente monografía. Primero, existen estudios sectoriales sobre la cuenca del río Apulo (CAR, 2019), informes técnicos sobre la operación de las plantas de tratamiento del Tequendama (CAR, 2021; ERAT, 2025), análisis nacionales sobre el estado del recurso hídrico colombiano (IDEAM, 2022; Roldán et al., 2012) y trabajos de grado sobre quebradas urbanas en municipios vecinos como Anolaima (Rodríguez, 2019). Sin embargo, no se identifica en la literatura local una propuesta integral que articule las dimensiones técnica, normativa, educativa y comunitaria aplicada específicamente a la quebrada La Carbonera. La presente monografía contribuye a cubrir ese vacío de conocimiento local.

Segundo, el trabajo se inscribe en una línea de investigación nacional en consolidación sobre gestión y restauración de quebradas urbanas en Colombia, alimentada por trabajos como los desarrollados sobre la quebrada El Amarillo en Anolaima (Rodríguez, 2019), la quebrada Malpaso en Medellín (Acevedo y Durango, 2021) y las intervenciones del Plan Quebradas del Valle de Aburrá (Galvis-Ocampo, 2023). Estos trabajos comparten dos hallazgos convergentes que la presente monografía retoma como hipótesis de partida: el éxito de las intervenciones depende menos de la disponibilidad de recursos técnicos y financieros que de la articulación efectiva entre los componentes técnicos, institucionales y educativo-comunitarios; y la educación ambiental, cuando se integra como eje transversal y no como componente accesorio, constituye el principal factor de sostenibilidad de las acciones de recuperación. Estos hallazgos respaldan teóricamente el enfoque metodológico

documental adoptado y la articulación de las cuatro dimensiones que sustentan las estrategias formuladas en el tercer objetivo específico.

Dimensión Normativa

Colombia cuenta con uno de los marcos normativos ambientales más robustos de América Latina, configurado a partir de la denominada Constitución Verde de 1991 (Rodríguez Becerra, 2023) y desarrollado durante las tres últimas décadas mediante un cuerpo legal integrado por la Ley 99 de 1993 (que creó el Sistema Nacional Ambiental SINA), el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables), el Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente), la Resolución 0631 de 2015 sobre parámetros de vertimientos (MADS, 2015) y la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MADS, 2010), entre otros instrumentos. En materia de cuencas hidrográficas, el país dispone además de la figura del Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), instrumento de planificación territorial que en el caso del río Bogotá fue actualizado mediante la Resolución 0957 de 2019.

Pese a la solidez normativa, la implementación efectiva de este marco en municipios intermedios sigue siendo limitada, situación reiteradamente documentada por la Contraloría General de la República en sus informes de auditoría a la CAR Cundinamarca (Contraloría General de la República, 2016) y en las observaciones formales más recientes a los entes territoriales de la cuenca del río Bogotá por incumplimiento de la orden 4.18 de la sentencia río Bogotá (Contraloría General de la República, 2025). Esta brecha entre la

norma y su implementación constituye uno de los problemas estructurales de la gestión ambiental colombiana, tal como ha sido analizado de manera sostenida por autores nacionales de referencia (Rodríguez Becerra, 2023; Carrizosa Umaña, 2003). La presente monografía aporta evidencia documental concreta sobre cómo esta brecha se manifiesta en el caso específico de la quebrada La Carbonera y en la gestión asociada del municipio de La Mesa, insumo útil para los procesos de ajuste institucional, la actualización del componente ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial municipal y el cumplimiento efectivo de las órdenes derivadas del fallo del Consejo de Estado (2014) sobre el río Bogotá. En ese sentido, el segundo objetivo específico de la monografía analizar la gestión ambiental desarrollada por la CAR, la Alcaldía Municipal y la comunidad responde directamente a la necesidad de generar conocimiento aplicado sobre esta brecha estructural.

Dimensión Disciplinar

La monografía se inscribe con plena coherencia en el perfil profesional del Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales, profesional formado para articular diagnóstico ambiental, análisis institucional y formulación de estrategias integradas de gestión sobre el territorio. Las tres operaciones intelectuales centrales del trabajo caracterizar, analizar y formular corresponden a las competencias nucleares del programa AARN de la Universidad Santo Tomás y se traducen en los tres objetivos específicos que orientan la investigación.

El trabajo se inscribe explícitamente en la línea L5 (Educación y Sostenibilidad) del Grupo de Investigación en Administración de Recursos Naturales (GARN), reconociendo la

educación ambiental no como un componente accesorio del manejo ambiental, sino como eje transversal de sostenibilidad de cualquier intervención técnica sobre el territorio. Este enfoque encuentra sustento normativo en la Política Nacional de Educación Ambiental (Ministerio de Educación Nacional [MEN] y MADS, 2002) y en el Decreto 1743 de 1994 que instituyó los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) como mecanismo formal de incorporación transversal de la dimensión ambiental en los proyectos educativos institucionales; y encuentra sustento conceptual en el enfoque crítico de la educación ambiental, que entiende la formación como un proceso transformador de las relaciones comunidad-territorio y no como mera transmisión informativa. La pertinencia de este enfoque está respaldada por la trayectoria de investigaciones nacionales sobre PRAE en cuencas hidrográficas (Cuevas et al., 2021), así como por la reflexión disciplinar más amplia sobre la complejidad ambiental colombiana y la necesidad de superar las visiones tecnocráticas de la gestión ambiental (Carrizosa Umaña, 2003; Rodríguez Becerra, 2023).

No obstante, la monografía articula las cuatro dimensiones identificadas en una arquitectura conceptual coherente con los objetivos formulados y con el perfil del investigador. La dimensión social fundamenta la necesidad de actuar sobre un cuerpo hídrico que afecta directamente a comunidades concretas. La dimensión académica respalda el rigor metodológico documental y la pertinencia del aporte al conocimiento local. La dimensión normativa justifica el análisis crítico de la gestión institucional. Y la dimensión disciplinar consolida la educación ambiental como eje vertebrador de las estrategias integrales que se formularán como resultado de la investigación.

Preguntas de Investigación

Pregunta Principal

¿Qué estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental, articuladas a la educación ambiental y la participación comunitaria, resultan técnica e institucionalmente viables para reducir la contaminación hídrica de la quebrada La Carbonera en el casco urbano del municipio de La Mesa, Cundinamarca, a partir del análisis documental de su estado ambiental y de la gestión institucional asociada?

Preguntas Secundarias

- ¿Cuál es el estado ambiental actual de la quebrada La Carbonera, en términos de fuentes de contaminación, puntos críticos de vertimiento y condiciones del corredor ribereño, según la información documental disponible en fuentes oficiales y técnicas?
- ¿Qué logros, brechas y limitaciones estructurales se identifican en la gestión ambiental desarrollada por la CAR Cundinamarca, la Alcaldía Municipal de La Mesa y las organizaciones comunitarias frente a la problemática de contaminación de la quebrada?
- ¿Qué experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas en Colombia y América Latina aportan insumos transferibles para la formulación de estrategias integrales aplicables a la quebrada La Carbonera?

Objetivos

Objetivo General

Proponer estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental para la quebrada La Carbonera en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, a partir del análisis documental de su estado ambiental y de la gestión institucional existente, con énfasis en la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes de sostenibilidad territorial.

Objetivos Específicos

- Caracterizar el estado ambiental actual de la quebrada La Carbonera, a partir del análisis documental de fuentes técnicas e institucionales, identificando las principales fuentes de contaminación hídrica, los puntos críticos de vertimiento y las condiciones del corredor ribereño descritas a lo largo de su recorrido urbano.
- Analizar la gestión ambiental desarrollada por la CAR Cundinamarca, la Alcaldía Municipal de La Mesa y la comunidad frente a la problemática de contaminación de la quebrada, identificando brechas, logros y limitaciones estructurales.
- Formular estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental que incorporen acciones técnicas, normativas, de educación ambiental y de participación comunitaria, como respuesta viable y sostenible a las causas de degradación identificadas.

Marco Referencial

Antecedentes

Los estudios previos relacionados con la problemática de la quebrada La Carbonera y con la gestión hídrica en el municipio de La Mesa pueden agruparse en tres niveles de aproximación: el nivel local y municipal, el nivel regional en la cuenca del río Apulo y el nivel nacional sobre recuperación de quebradas urbanas en Colombia.

En el nivel local, el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de La Mesa (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020) constituye el principal antecedente documental sobre el estado ambiental de los cuerpos hídricos urbanos del municipio, incluyendo la quebrada La Carbonera. El POT identifica la ronda hidráulica de la quebrada como zona de protección ambiental y registra su intervención por construcciones y vías como uno de los problemas críticos del componente ambiental urbano. Los informes de seguimiento de la CAR Cundinamarca (2021) a las plantas de tratamiento de aguas residuales de la cuenca media del río Apulo documentan la operación intermitente de la PTAR municipal y sus efectos sobre la calidad del efluente descargado al río Apulo, constituyendo el antecedente técnico más directo sobre la gestión institucional de la problemática.

En el nivel regional, el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Apulo (CAR, 2019) prioriza el saneamiento de los tributarios urbanos y el control de vertimientos puntuales en las cabeceras municipales, situando a La Mesa entre los municipios con mayor presión contaminante sobre el sistema hídrico regional. Este plan constituye el marco de planificación de cuenca en el que se inscribe la gestión de la quebrada La Carbonera. A escala nacional, Rodríguez (2019) documenta para la quebrada

El Amarillo en Anolaima, municipio vecino de La Mesa en la provincia del Tequendama, la pertinencia de articular estrategias pedagógicas y comunitarias a las intervenciones de recuperación hídrica como condición de sostenibilidad de largo plazo. En el Valle de Aburrá, Galvis-Ocampo (2023) evalúa el Plan Quebradas e identifica la articulación técnica, normativa y de gobernanza como factor determinante de resultados duraderos. Acevedo y Durango (2021) documentan el proceso de restauración participativa de la quebrada Malpaso en Medellín, concluyendo que la capacidad de generar acuerdos sostenidos entre actores institucionales y comunitarios supera en importancia la disponibilidad de recursos técnicos y financieros. Estos antecedentes convergen en sustentar el enfoque integral adoptado en la presente monografía.

Caracterización Territorial del Municipio de La Mesa

El municipio de La Mesa se localiza en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, en el departamento de Cundinamarca, a 74°27' de longitud oeste y 4°38' de latitud norte, a una altitud de 1.100 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura media de 22 °C (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020). Pertenece a la provincia del Tequendama y tiene una extensión total de 149 km², de los cuales aproximadamente 2,2 km² corresponden a la cabecera urbana. Según las proyecciones del DANE (2018), el municipio cuenta con aproximadamente 35.000 habitantes, con una concentración significativa en el casco urbano, lo que genera presiones crecientes sobre los recursos naturales locales, en particular sobre los cuerpos hídricos que lo atraviesan.

La Quebrada La Carbonera en su Contexto Hídrico Regional

Hidrológicamente, La Mesa pertenece a la cuenca media del río Apulo, cuya área de drenaje es de aproximadamente 783 km² y desemboca en el río Bogotá en jurisdicción del municipio de Apulo (CAR, 2019). El río Bogotá es uno de los cuerpos hídricos más degradados del país y objeto del mayor proceso judicial ambiental en la historia de Colombia el fallo del Consejo de Estado (2014) que ordenó su descontaminación progresiva, lo que confiere relevancia ambiental estratégica a cualquier afluente que lo impacte.

La quebrada La Carbonera nace en el barrio Pajonales, en la parte alta del casco urbano de La Mesa, y recorre aproximadamente tres kilómetros en sentido norte-sur antes de desembocar en el río Apulo. Durante su trayecto atraviesa sectores de alta densidad poblacional, incluyendo barrios como El Centro, Marsella, Santa Bárbara y sectores periurbanos del sur del municipio. El sistema de alcantarillado municipal es predominantemente combinado, lo que implica que no existe una separación efectiva entre las aguas residuales domésticas y las aguas lluvias, favoreciendo los vertimientos directos al cuerpo hídrico (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020).

La PTAR del Municipio de La Mesa

Al final del recorrido de la quebrada opera la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio, cuya construcción fue financiada con recursos del Sistema General de Participaciones y de cofinanciación de la CAR Cundinamarca. La planta fue diseñada con tecnología de lodos activados y tiene capacidad para tratar un

caudal de diseño aproximado de 14 litros por segundo; sin embargo, según información de seguimiento de la CAR (2021), ha operado de manera intermitente y por debajo de su capacidad instalada debido a deficiencias en operación, mantenimiento y gestión administrativa por parte del prestador del servicio de alcantarillado. La descarga final de la PTAR se realiza al río Apulo, cuya calidad hídrica aguas abajo se ve afectada por la carga residual no tratada.

Marco Institucional y Normativo

La gestión y protección de los recursos hídricos en Colombia se desarrolla mediante un marco jurídico e institucional compuesto por disposiciones constitucionales, leyes, decretos reglamentarios, resoluciones de carácter técnico, decisiones judiciales e instrumentos de planificación ambiental y territorial. Para efectos de la presente investigación, este marco se organiza cronológicamente y de acuerdo con la jerarquía y naturaleza de los instrumentos, diferenciando la Constitución Política, las leyes, los decretos, las resoluciones, la jurisprudencia relacionada con la cuenca del río Bogotá y los instrumentos de planificación aplicables al territorio.

El análisis normativo no se limita a identificar las disposiciones relacionadas con el recurso hídrico, sino que examina su importancia y aplicabilidad frente a la problemática ambiental de la quebrada La Carbonera, particularmente en aspectos relacionados con la protección del recurso hídrico, vertimientos, saneamiento, ordenamiento territorial, educación ambiental, participación comunitaria y gestión institucional.

Constitución Política de Colombia

Constitución Política de Colombia de 1991: constituye el fundamento superior del régimen ambiental colombiano. El artículo 79 reconoce el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y establece el deber estatal de garantizar la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Por su parte, el artículo 80 establece responsabilidades estatales relacionadas con la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, así como la prevención y control de los factores de deterioro ambiental.

Importancia para la investigación: Estas disposiciones proporcionan el fundamento constitucional para comprender la protección de la quebrada La Carbonera como un asunto de interés ambiental colectivo y no únicamente como un problema técnico de contaminación hídrica.

Aplicabilidad al caso de estudio: Los principios constitucionales resultan aplicables a La Carbonera porque las problemáticas identificadas, vertimientos, disposición de residuos, deterioro del corredor hídrico y afectaciones derivadas de la ocupación del entorno, se relacionan directamente con la obligación de prevenir y controlar el deterioro ambiental y con la participación de los actores territoriales en la gestión del recurso.

Leyes

Ley 99 de 1993: Por medio de esta ley se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reorganiza el sector público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

Importancia para la investigación: Su importancia radica en que establece el marco institucional dentro del cual se distribuyen competencias para la gestión ambiental en Colombia. Para el caso estudiado, permite comprender las responsabilidades de las autoridades ambientales y territoriales frente a la protección del recurso hídrico.

Aplicabilidad a La Carbonera: La norma resulta aplicable debido a que la gestión de la quebrada involucra diferentes actores institucionales, particularmente la CAR Cundinamarca y la administración municipal. La investigación identifica precisamente una necesidad de fortalecer la articulación entre estos actores, por lo que la Ley 99 constituye un referente para analizar las responsabilidades institucionales y las brechas existentes entre las competencias establecidas y su implementación efectiva.

Ley 115 de 1994 — Ley General de Educación. Establece disposiciones relacionadas con los fines de la educación y la formación ambiental.

Importancia para la investigación: Esta norma permite incorporar la educación ambiental como componente de la gestión territorial y no solamente como actividad pedagógica aislada.

Aplicabilidad: Su relación con la investigación se encuentra en la posibilidad de fortalecer procesos educativos orientados a la cultura hídrica, la participación comunitaria y el reconocimiento del territorio mediante estrategias como los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE). Por lo tanto, la educación ambiental constituye un componente complementario de las acciones técnicas y ecológicas propuestas para la recuperación de la quebrada.

Decretos

Decreto-Ley 2811 de 1974 - Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.

Constituye uno de los fundamentos históricos del régimen ambiental colombiano y establece principios relacionados con la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales.

Importancia para la investigación: Su importancia se encuentra en que proporciona el marco general para comprender el recurso hídrico como un recurso natural sujeto a protección y manejo.

Aplicabilidad: Para el caso de estudio, constituye un referente jurídico de base para la protección de la corriente hídrica y de sus componentes ambientales, especialmente frente a las presiones derivadas de vertimientos, disposición de residuos y transformación del corredor asociado a la quebrada.

Decreto 1743 de 1994: Este decreto establece lineamientos para la incorporación de la dimensión ambiental en la educación formal mediante los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE).

Importancia para la investigación: Su importancia radica en que proporciona un mecanismo institucional para vincular la educación ambiental con problemáticas concretas del territorio.

Aplicabilidad: En el contexto de la investigación, permite sustentar la propuesta de desarrollar procesos educativos en instituciones educativas cercanas al corredor de la

quebrada, orientados al reconocimiento del recurso hídrico, la prevención de prácticas contaminantes y la participación comunitaria.

Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible: Este decreto compila y reglamenta disposiciones relacionadas con la gestión ambiental y los recursos naturales, constituyendo uno de los principales referentes reglamentarios vigentes para la gestión ambiental colombiana.

Importancia para la investigación: Su importancia está relacionada con la regulación de instrumentos y procedimientos aplicables a la gestión de los recursos hídricos, incluyendo aspectos asociados con el uso, manejo, vertimientos y control ambiental.

Aplicabilidad: Su aplicación permite contextualizar las obligaciones y procedimientos institucionales relacionados con el manejo del recurso hídrico y el control de las presiones ambientales identificadas en la quebrada.

Resoluciones

Resolución 0631 de 2015. Establece los parámetros y valores límites máximos permisibles para los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público.

Importancia para la investigación: Esta resolución constituye un referente técnico-normativo fundamental para analizar las condiciones de los vertimientos que pueden afectar la calidad del agua de la quebrada La Carbonera.

Aplicabilidad al caso de estudio: Su importancia práctica se relaciona con el funcionamiento de la PTAR municipal y con el control de los vertimientos que pueden alcanzar la quebrada y posteriormente el río Apulo. Por tanto, permite establecer un referente normativo frente al cual deben analizarse las condiciones de tratamiento y control documentadas durante la investigación.

Resolución 0957 de 2019: mediante esta resolución conjunta de la CAR, Corpoguavio y Corporinoquia se aprobó el ajuste y actualización del POMCA del río Bogotá. La resolución tiene relevancia para la investigación porque establece el marco actualizado de planificación de la cuenca y su articulación con los instrumentos de ordenamiento territorial.

Importancia para la investigación: Su importancia radica en que permite comprender la relación entre la planificación de cuenca, las obligaciones de articulación territorial y las acciones de gestión ambiental que inciden sobre los tributarios del río Bogotá, entre ellos el sistema hídrico asociado al río Apulo.

Aplicabilidad: La resolución constituye un referente para analizar la articulación entre el POMCA del río Bogotá, los instrumentos territoriales municipales y las obligaciones derivadas de la sentencia del Consejo de Estado. No se utiliza como prueba autónoma de incumplimiento ambiental de La Carbonera; cualquier afirmación de cumplimiento o incumplimiento debe sustentarse en evidencia documental específica.

Jurisprudencia ambiental

Sentencia del río Bogotá: proferida por el Consejo de Estado el 28 de marzo de 2014 constituye un antecedente jurídico de especial relevancia para el análisis de la gestión hídrica en la cuenca del río Bogotá. La decisión estableció medidas orientadas a la descontaminación y recuperación de la cuenca y vinculó a diferentes entidades territoriales y ambientales.

Importancia para la investigación: Su relevancia para el presente estudio deriva de la relación hidrográfica entre el sistema de drenaje de La Mesa, el río Apulo y el río Bogotá. Por ello, la sentencia permite analizar la gestión de La Carbonera dentro de un contexto territorial más amplio de recuperación de la cuenca.

Aplicabilidad: La sentencia constituye un referente para examinar la articulación entre las obligaciones de recuperación de la cuenca y los instrumentos municipales de ordenamiento y gestión ambiental. En este sentido, la investigación identifica como aspecto crítico la necesidad de fortalecer la articulación entre la planificación de cuenca y el ordenamiento territorial local.

Además del marco jurídico, el corpus documental incluyó instrumentos de planificación y gestión ambiental que permiten analizar cómo las disposiciones generales se concretan en el territorio. Estos instrumentos no se clasifican como legislación dentro del marco normativo, pero sí constituyen fuentes documentales relevantes para los objetivos de la investigación.

El POMCA del río Apulo (CAR, 2019) aporta información sobre las presiones asociadas a los tributarios urbanos y prioriza acciones de saneamiento en la cuenca. Para La

Carbonera, su importancia radica en que permite contextualizar el vertimiento doméstico y la relación de la quebrada con el sistema hídrico del río Apulo.

El Plan de Ordenamiento Territorial de La Mesa (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2020) aporta evidencia sobre la protección de la ronda de la quebrada y la intervención constructiva en dicha franja. Su aplicabilidad se relaciona con el ordenamiento del suelo y la protección territorial del corredor hídrico.

El Plan de Desarrollo Municipal de La Mesa 2024-2027 (Alcaldía Municipal de La Mesa, 2024) permite identificar acciones, recursos y prioridades institucionales relacionadas con saneamiento y limpieza de rondas. Su análisis contribuye a establecer la correspondencia entre las necesidades identificadas y la gestión municipal programada.

El Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2020-2031 (CAR, 2020) aporta el marco regional de orientación de la gestión ambiental. En esta investigación se utiliza como instrumento de planificación y no como norma, particularmente para contextualizar la articulación regional de la gestión ambiental.

Tabla 1
Síntesis de importancia y aplicabilidad del marco normativo

Instrumento	Año	Tema principal	Importancia para la investigación	Aplicabilidad a La Carbonera
Constitución Política	1991	Protección ambiental y recursos naturales	Fundamenta el derecho colectivo al ambiente sano y el deber de protección	Sustenta la protección de la quebrada como asunto de interés colectivo
Ley 99	1993	Gestión ambiental y SINA	Define la estructura institucional ambiental	Permite analizar competencias de CAR y entidades territoriales

Ley 115	1994	Educación	Incorpora la dimensión ambiental en educación	Sustenta procesos educativos y de cultura hídrica
Decreto-Ley 2811	1974	Recursos naturales	Base histórica del régimen ambiental	Sustenta protección y manejo del recurso hídrico
Decreto 1743	1994	Educación ambiental/PRAE	Vincula educación y territorio	Sustenta estrategias educativas alrededor de la quebrada
Decreto 1076	2015	Reglamentación ambiental	Integra regulación ambiental sectorial	Referente para gestión y control ambiental
Resolución 0631	2015	Vertimientos	Establece parámetros para vertimientos	Referente técnico para analizar PTAR y descargas
Resolución 0957	2019	Planificación de cuenca	Fortalece la planificación de la cuenca	Permite articular POMCA y ordenamiento municipal
Sentencia río Bogotá	2014	Recuperación de cuenca	Establece obligaciones de recuperación	Vincula la problemática local con la gestión de la cuenca

Fuente: elaboración propia.

El análisis conjunto del marco constitucional, legal, reglamentario, jurisprudencial y de planificación permite advertir que la problemática de la quebrada La Carbonera no constituye un vacío normativo, sino una brecha de implementación. Colombia cuenta con disposiciones suficientes para prevenir y corregir el deterioro documentado: la Constitución fundamenta el derecho colectivo al ambiente sano, la Ley 99 organiza las competencias institucionales, la Resolución 0631 de 2015 fija los límites técnicos de vertimiento y la sentencia del río Bogotá vincula jurídicamente al municipio de La Mesa con la recuperación de la cuenca. Sin embargo, el diagnóstico documental evidencia que estas disposiciones no se traducen consistentemente en resultados verificables sobre el cuerpo

hídrico: la PTAR opera de manera intermitente pese al marco técnico vigente, la ronda hídrica permanece intervenida pese a la protección que le otorgan el artículo 79 constitucional y el POT municipal, y la articulación interinstitucional exigida por la Ley 99 no se refleja en mecanismos de coordinación documentados entre la CAR, la Alcaldía y la ERAT. Esta lectura conjunta del marco normativo constituye, en sí misma, un insumo directo para el diagnóstico ambiental: la brecha identificada no es de existencia normativa, sino de efectividad institucional, hallazgo que se retoma y se profundiza en el capítulo de Resultados y Discusión.

Marco Teórico

Gestión Integral del Recurso Hídrico

La Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) constituye el paradigma conceptual dominante en la administración de cuencas hidrográficas a escala global. El Global Water Partnership (2000) la define como el proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales. Este enfoque supera la gestión sectorial del agua e integra dimensiones ecológicas, sociales, económicas e institucionales en una visión de cuenca como unidad de planificación. En Colombia, la GIRH se operacionaliza a través de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MADS, 2010), que establece seis objetivos estratégicos: oferta hídrica, demanda hídrica, calidad del agua, riesgo hídrico, fortalecimiento institucional e información y conocimiento. Esta política es el referente

normativo central para cualquier propuesta de recuperación de cuerpos hídricos urbanos en el país. No obstante, la adopción formal de la GIRH como marco normativo no garantiza su operacionalización efectiva: la literatura sobre gobernanza hídrica advierte que la existencia de una política integral puede convivir con una gestión sectorial y fragmentada en la práctica territorial (Pahl-Wostl et al., 2012), tensión entre el marco normativo y su implementación que esta investigación examina específicamente para el caso de la quebrada La Carbonera en el capítulo de resultados.

Esta tensión no es solo hipótesis teórica: los propios instrumentos de planificación colombianos la documentan implícitamente. Dicha política prioriza explícitamente el saneamiento de cuerpos hídricos urbanos en municipios con menor capacidad institucional, categoría en la que se inscribe La Mesa; en la misma línea, el POMCA del río Apulo (CAR, 2019) identifica a La Mesa como punto de presión prioritario sobre la cuenca, y el Plan de Gestión Ambiental Regional (CAR, 2020) señala el saneamiento hídrico de los municipios de la cuenca media del río Bogotá como línea de acción inmediata. Es decir, La Mesa no está fuera del radar de la GIRH: aparece nombrada como prioridad en al menos tres instrumentos de planificación de distinta escala nacional, de cuenca y regional. Esta convergencia normativa hace más significativo, y no menos, el hallazgo central de esta investigación: la prioridad formal reiterada en el papel no se ha traducido en resultados operativos verificables sobre la quebrada La Carbonera, lo que sitúa la brecha no en la ausencia de un marco de gestión integral, sino en su implementación efectiva, tensión que se retoma con mayor profundidad en la subsección de Gobernanza Ambiental del Agua y en el capítulo de Resultados y Discusión.

Ecología de Cuerpos Hídricos Urbanos

Los ríos y quebradas urbanas son sistemas socioecológicos sometidos a presiones múltiples y simultáneas que los distinguen de los cuerpos hídricos en entornos naturales. Paul y Meyer (2001) identificaron el síndrome del arroyo urbano como el conjunto de impactos hidrogeomorfológicos, físico-químicos y biológicos asociados a la urbanización de cuencas: incremento del caudal pico, reducción del tiempo de concentración, aumento de la carga de sedimentos y contaminantes y pérdida de biodiversidad acuática. Estos impactos son resultado directo de la impermeabilización del suelo, la canalización de cauces, los vertimientos directos y la eliminación de la vegetación riparia.

La teoría del continuo fluvial de Vannote et al. (1980) establece que las condiciones físicas, químicas y biológicas de un tramo de corriente son resultado de los procesos que ocurren aguas arriba, y que los organismos que habitan una quebrada están adaptados a las condiciones de su posición en el gradiente longitudinal. Cuando se interrumpe ese continuo por vertimientos, represas o desvíos los efectos se propagan hacia aguas abajo, lo que justifica el abordaje integral de la quebrada La Carbonera en relación con el río Apulo y, en última instancia, con el río Bogotá.

Ambas perspectivas teóricas convergen en un mismo argumento epistemológico: la comprensión de un cuerpo hídrico urbano no puede reducirse a un análisis puntual y aislado del tramo intervenido, sino que exige una lectura de cuenca que reconozca tanto las presiones acumuladas aguas arriba como los procesos hidrogeomorfológicos generados por la urbanización. Para esta investigación, dicha convergencia teórica sustenta la decisión

metodológica de analizar la quebrada La Carbonera en relación con su cuenca de drenaje y con el río Apulo, en lugar de tratarla como un sistema hídrico autónomo, aun cuando el análisis documental no permite cuantificar empíricamente los procesos hidrogeomorfológicos que ambas teorías describen.

Contaminación Hídrica por Vertimientos Domésticos

Los vertimientos de aguas residuales domésticas introducen al cuerpo de agua cargas de materia orgánica expresadas como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), nutrientes (nitrógeno y fósforo), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales y otras sustancias que alteran la calidad fisicoquímica y biológica del ecosistema acuático (Roldán y Ramírez, 2008). El principal efecto es la reducción del oxígeno disuelto como resultado de la oxidación bacteriana de la materia orgánica, lo que puede llevar a condiciones anóxicas incompatibles con la vida acuática en tramos extensos de la corriente.

Según la Resolución 0631 de 2015 (MADS, 2015), los límites permisibles para el vertimiento de aguas residuales domésticas a cuerpos de agua superficiales establecen, entre otros parámetros, una DBO5 máxima de 90 mg/L y SST máximos de 90 mg/L para plantas de tratamiento de más de 1.000 usuarios equivalentes. El Índice de Calidad del Agua (ICA), desarrollado por el IDEAM (2014) para las condiciones colombianas, integra cinco parámetros oxígeno disuelto, DBO5, sólidos suspendidos, pH y conductividad en un valor adimensional entre 0 y 100 que permite clasificar el estado hídrico en cinco categorías: muy buena (85-100), buena (70-85), regular (50-70), mala (25-50) y muy mala

(0-25). Este índice constituye el referente metodológico estándar de evaluación y seguimiento de la calidad hídrica en Colombia.

Junto al enfoque fisicoquímico, la literatura científica colombiana ofrece un enfoque complementario de naturaleza biológica: Roldán et al. (2012) documentan el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua, según el cual los cuerpos hídricos con alta contaminación orgánica se caracterizan por la dominancia de organismos tolerantes como Chironomidae y Tubificidae y la ausencia de taxones sensibles como Plecoptera y Ephemeroptera. Este enfoque biológico y el enfoque fisicoquímico no son excluyentes, sino complementarios: mientras el segundo mide concentraciones puntuales de sustancias en un momento dado, el primero expresa el efecto acumulado de la contaminación sobre la biota a lo largo del tiempo. Para el caso de La Carbonera, la ausencia de datos primarios impide aplicar directamente cualquiera de los dos enfoques; sin embargo, el patrón documentado por el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2022) según el cual el 58 % de los cuerpos hídricos urbanos del país se ubica en categorías deficiente o muy deficiente, con mayor incidencia en municipios intermedios sin sistemas de tratamiento eficientes permite situar a La Carbonera como un caso consistente con un patrón nacional ya documentado, y no como una situación aislada o excepcional.

Estos referentes técnicos y biológicos DBO5, SST, el ICA y los bioindicadores macroinvertebrados constituyen el lenguaje conceptual que permite interpretar, sin sustituir, la evidencia documental disponible sobre la quebrada La Carbonera. Dado que esta investigación no generó datos primarios de laboratorio, dichos parámetros se emplean como marco de referencia para comprender el tipo de afectación que documentan las fuentes

institucionales consultadas, y no como resultados de una medición propia. Esta distinción es central para el rigor epistemológico del estudio y se sostiene de manera consistente a lo largo del capítulo de Resultados y Discusión.

Restauración Ecológica Fluvial

La restauración ecológica de ríos y quebradas urbanas se define como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema fluvial degradado, restableciendo su composición, estructura y función (Society for Ecological Restoration International, 2004). Wohl et al. (2005) identificaron seis principios para la restauración fluvial efectiva: intervención sobre las causas de degradación y no solo sobre sus efectos, consideración del contexto de cuenca, comprensión de la dinámica geomorfológica, participación de las comunidades locales, seguimiento y adaptación continua, y reconocimiento de las escalas temporales de recuperación. Las estrategias más efectivas documentadas en la literatura científica para contextos latinoamericanos combinan: control de fuentes de contaminación mediante conexión al alcantarillado y mejoramiento de sistemas de tratamiento; revegetalización del corredor ripario con especies nativas; estructuras de control de erosión en sectores de alta presión; y programas de educación ambiental y gobernanza participativa sostenidos en el tiempo (Palmer et al., 2014; Suárez-Alonso et al., 2017). En arroyos urbanos degradados del Reino Unido, Broadmeadow y Nisbet (2004) documentaron que la revegetalización riparia con especies nativas produjo mejoras medibles en la temperatura del agua, la estabilidad de las orillas y la diversidad de macroinvertebrados en un periodo de cinco a

siete años, lo que respalda la revegetalización del corredor ripario de La Carbonera propuesta en la dimensión ecológica de las estrategias formuladas.

En la propuesta de Wohl et al. (2005) es su advertencia explícita contra la restauración cosmética: las intervenciones que atienden únicamente la morfología del canal, sin restaurar simultáneamente la vegetación riparia y la conectividad hidrológica ni reducir los aportes de contaminantes, producen mejoras limitadas y de corta duración. Esta advertencia conecta directamente con el diagnóstico hidrológico de Walsh et al. (2005) sobre el síndrome del arroyo urbano: si la impermeabilización de la cuenca es la causa que altera el régimen hidrológico de una corriente urbana, entonces "restaurar el régimen hidrológico" el primer principio de Wohl et al. (2005) no puede lograrse únicamente con acciones locales sobre el cauce de La Carbonera, sino que exige intervenir también sobre las condiciones de la cuenca urbana que la alimenta. Esta relación teórica entre diagnóstico y principio de restauración sustenta por qué la estrategia formulada en esta investigación combina la dimensión ecológica revegetalización del corredor con la dimensión técnica control de vertimientos y saneamiento y no se limita a una intervención paisajística sobre el cauce.

Educación Ambiental como Estrategia de Sostenibilidad

La educación ambiental se reconoce internacionalmente desde la Conferencia de Tbilisi (UNESCO-PNUMA, 1977) como un proceso formativo continuo orientado a generar en los individuos y las comunidades conciencia, conocimientos, actitudes y aptitudes para la comprensión y la acción responsable frente a los problemas ambientales.

Sauvé (2005) propone una cartografía de quince corrientes de educación ambiental, entre las cuales la corriente crítica y la corriente de sostenibilidad son las más pertinentes para contextos de degradación de recursos hídricos urbanos: la primera porque cuestiona las causas estructurales del problema (gobernanza débil, prácticas culturales no sostenibles), y la segunda porque orienta la acción hacia la construcción de capacidades comunitarias de largo plazo. Esta propuesta se complementa con el modelo de Palmer (1998), quien distingue tres dimensiones articuladas de la educación ambiental: la educación sobre el ambiente, que aporta conocimiento; la educación en el ambiente, que aporta experiencia directa; y la educación para el ambiente, que desarrolla el compromiso de acción. Aplicado a La Carbonera, este modelo permite estructurar la dimensión educativo-comunitaria de la propuesta en momentos de conocimiento del recurso hídrico, contacto directo con el corredor de la quebrada y acción sostenida de cuidado del agua. En este mismo sentido, Pimentel et al. (1997) conceptualizan la cultura hídrica (water literacy) como el conocimiento ciudadano que permite comprender el origen del agua, sus usos, las amenazas que afectan su calidad y las acciones que individuos y comunidades pueden emprender para protegerla; esta noción sustenta directamente la formación de una cultura hídrica sostenida que la presente monografía propone para los barrios aledaños a la quebrada La Carbonera.

En Colombia, la educación ambiental tiene sustento normativo en la Ley 99 de 1993 (art. 1º, principio 10), la Ley 115 de 1994 (arts. 5º y 23), el Decreto 1743 de 1994 que instituyó el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) y la Política Nacional de Educación Ambiental (Ministerio de Educación Nacional y MADS, 2002), que define la educación ambiental como un proceso permanente, participativo y transformador que supera la visión

meramente informativa y genera cambios culturales sostenibles en la relación comunidad-territorio. Sin embargo, González Gaudiano (2007) advierte que, en la práctica, los PRAE en Colombia han tendido a reproducir un enfoque conservacionista y naturalista que no interpela las relaciones sociales e institucionales que generan el deterioro ambiental, lo que limita su impacto transformador. Esta advertencia es pertinente para la propuesta educativo-comunitaria de La Carbonera, que debe articularse explícitamente con la gobernanza interinstitucional y la gestión comunitaria de residuos para evitar reducirse a una intervención meramente informativa.

Gobernanza Ambiental del Agua

La gobernanza hídrica es definida por Rogers y Hall (2003) como el conjunto de sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos establecidos para desarrollar y manejar los recursos hídricos y la prestación de servicios relacionados en los diferentes niveles de la sociedad. Una gobernanza hídrica efectiva se caracteriza por transparencia, inclusión, coherencia, rendición de cuentas y capacidad de respuesta ante los problemas (Global Water Partnership, 2002).

Pahl-Wostl et al. (2012) identificaron en su investigación sobre cuencas de ríos en América Latina y Europa que la fragmentación institucional entendida como la ausencia de coordinación efectiva entre las entidades con competencia sobre un mismo recurso es uno de los factores más determinantes en el fracaso de las intervenciones de restauración. Sus hallazgos muestran que las intervenciones técnicamente sólidas fracasan cuando no están respaldadas por mecanismos de gobernanza que garanticen continuidad, seguimiento y

corresponsabilidad. Este hallazgo es directamente aplicable al caso de la quebrada La Carbonera, donde la fragmentación CAR-Alcaldía-comunidad explica la insostenibilidad de las acciones previas.

Los cinco principios de gobernanza efectiva propuestos por Rogers y Hall (2003) claridad de roles, participación, transparencia, rendición de cuentas y eficiencia permiten trasladar la brecha de gobernanza identificada en La Mesa del terreno de la percepción al de un déficit estructural medible: no se trata de una negligencia administrativa atribuible a un actor en particular, sino de la ausencia sistemática de mecanismos que garanticen claridad de responsabilidades y rendición de cuentas entre la CAR, la Alcaldía y la ERAT frente a la quebrada específica. Esta lectura teórica encuentra respaldo empírico en el informe de la Contraloría General de la República (2016), que documenta a La Mesa como uno de los municipios de la cuenca del río Bogotá con bajo nivel de avance en la implementación de medidas de saneamiento dos años después de proferida la sentencia del Consejo de Estado. La combinación de ambos referentes el marco conceptual de Rogers y Hall (2003) y la evidencia empírica de la Contraloría (2016) permite sostener que la fragmentación institucional descrita por Pahl-Wostl et al. (2012) no es una hipótesis teórica aplicada al caso, sino un patrón ya documentado específicamente para el municipio de La Mesa.

Marco Conceptual

Vertimiento. Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. Los vertimientos pueden ser puntuales cuando provienen de una fuente identificable como una tubería o un canal o difusos cuando resultan de escorrentías superficiales sobre áreas extensas. En el caso de la quebrada La Carbonera predominan los vertimientos puntuales de origen doméstico (Decreto 1076 de 2015, art. 2.2.3.3.1.3).

Aguas residuales domésticas. Aguas procedentes de actividades domésticas ordinarias como el lavado, el aseo corporal, la preparación de alimentos y el uso de sanitarios. Se caracterizan por presentar altas concentraciones de materia orgánica biodegradable, nutrientes, grasas y aceites, y microorganismos patógenos, especialmente coliformes fecales (Roldán y Ramírez, 2008; MADS, 2015).

Ronda hidráulica. Zona de protección ambiental e hidráulica, no edificable y de uso público, constituida por una franja paralela a lado y lado de la línea de borde del cauce permanente de ríos, quebradas y cuerpos de agua. Según el Decreto 2811 de 1974 y el Decreto 1076 de 2015, la ronda mínima es de 30 metros a cada lado del cauce en zonas rurales, aunque en áreas urbanas su definición corresponde al instrumento de ordenamiento territorial. La invasión y el deterioro de la ronda hidráulica es uno de los factores que más agrava la contaminación y la vulnerabilidad hidráulica de los cuerpos hídricos urbanos (Paul y Meyer, 2001).

Carga contaminante. Cantidad de un contaminante determinado vertida a un cuerpo de agua por unidad de tiempo. Se expresa generalmente en kilogramos por día y se

calcula como el producto del caudal del vertimiento por la concentración del contaminante, multiplicado por el factor de conversión correspondiente. La estimación de la carga contaminante permite priorizar los puntos de vertimiento de mayor impacto sobre el cuerpo receptor (IDEAM, 2014).

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Instalación diseñada para reducir la carga contaminante de las aguas residuales mediante procesos físicos, químicos y biológicos antes de su descarga al cuerpo receptor. La eficiencia de una PTAR se mide por su porcentaje de remoción de DBO₅, SST, nitrógeno y coliformes fecales. La Resolución 0631 de 2015 (MADS, 2015) establece los estándares mínimos de calidad que deben cumplir los efluentes de las PTAR en Colombia según el tipo de tratamiento y el caudal tratado.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Parámetro que mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos durante la degradación de la materia orgánica presente en un cuerpo de agua en condiciones controladas de temperatura (20 °C) durante cinco días. Es el indicador más utilizado para medir el nivel de contaminación orgánica de aguas residuales y cuerpos receptores. Valores elevados de DBO₅ indican alta concentración de materia orgánica biodegradable y están directamente relacionados con la reducción del oxígeno disuelto (Roldán y Ramírez, 2008).

Índice de Calidad del Agua (ICA). Herramienta matemática desarrollada por el IDEAM (2014) que integra múltiples parámetros fisicoquímicos en un valor numérico adimensional entre 0 y 100, que permite clasificar el estado del cuerpo hídrico en categorías

de calidad. Facilita la comunicación de la calidad hídrica a audiencias no especializadas y permite el seguimiento temporal de las condiciones del recurso.

Educación ambiental. Proceso formativo, permanente y participativo orientado a generar en los individuos y las colectividades una comprensión crítica de las relaciones entre la sociedad y el ambiente, y a desarrollar las actitudes, valores, habilidades y compromisos necesarios para actuar de manera responsable frente a los problemas ambientales (UNESCO-PNUMA, 1977; Ministerio de Educación Nacional y MADS, 2002).

Estrategia de manejo ambiental. Conjunto articulado de acciones técnicas, normativas, educativas, institucionales y comunitarias diseñadas para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales negativos sobre un recurso natural o un ecosistema determinado. Una estrategia de manejo es integral cuando aborda simultáneamente las causas directas e indirectas del problema, involucra a los actores competentes y establece mecanismos de seguimiento y ajuste (MADS, 2010).

Sostenibilidad territorial. Capacidad de un territorio para satisfacer las necesidades de su población actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, considerando la integración equitativa de las dimensiones ambiental, social, económica e institucional en la gestión del espacio geográfico (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1987; Massiris Cabeza, 2012).

Metodología

Tipo y Enfoque de Investigación

La presente monografía se enmarca en el paradigma cualitativo enfoque investigativo orientado a la comprensión profunda de fenómenos complejos a través del análisis e interpretación de fuentes documentales, sin medición numérica ni experimentación (Hernández Sampieri et al., 2014), el cual resulta pertinente en este caso porque el objeto de estudio no es cuantificable mediante datos primarios propios, sino interpretable a partir del análisis crítico de documentos institucionales, normativos y científicos existentes. Con este fundamento, se adoptó un enfoque de investigación documental cuyo corpus está constituido por fuentes secundarias: informes técnicos institucionales, normativa ambiental colombiana, literatura científica indexada y documentos de planificación territorial, sometidos a un proceso sistemático de rastreo, clasificación, análisis e interpretación crítica mediante el modelo de cinco fases de Hoyos Botero (2000) y la técnica de análisis de contenido de Bardin (2002). El propósito no se limitó a recopilar información, sino a integrarla críticamente para caracterizar el estado ambiental de la quebrada La Carbonera, su contexto institucional y las experiencias comparables de recuperación hídrica en Colombia y América Latina, con el fin de formular estrategias integrales sustentadas en evidencia documentada.

El alcance de la monografía es descriptivo-propositivo (Hernández Sampieri et al., 2014): descriptivo porque caracteriza el estado ambiental actual de la quebrada, las presiones que la afectan y la gestión institucional documentada; y propositivo porque, con

base en ese diagnóstico y en las experiencias comparables revisadas, formula estrategias de manejo y recuperación aplicables al contexto territorial de La Mesa.

Este enfoque resulta pertinente para la investigación, dado que los objetivos planteados requieren caracterizar el estado ambiental de la quebrada, analizar las condiciones institucionales y normativas relacionadas con su gestión e identificar referentes de recuperación y educación ambiental que permitan formular estrategias integrales de manejo y recuperación.

Unidad de Análisis y Corpus Documental

La unidad de análisis estuvo constituida por documentos relacionados con la problemática ambiental de la quebrada La Carbonera y con los procesos de gestión, recuperación y educación ambiental asociados al recurso hídrico en el contexto territorial estudiado. El corpus documental final estuvo conformado por 42 documentos, registrados en la Matriz de Análisis Documental del Apéndice A. La selección se realizó mediante búsqueda y revisión de fuentes científicas, académicas, institucionales, normativas y de planificación que presentaran pertinencia temática y respaldo documental verificable.

Los documentos fueron organizados en cinco categorías analíticas previamente definidas: estado ambiental de la quebrada y su contexto hídrico; gestión institucional CAR-Alcaldía-comunidad; experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas; marco normativo aplicable; y educación ambiental como eje de sostenibilidad. La categorización permitió vincular cada fuente con los objetivos de investigación y conservar la trazabilidad entre documento, hallazgo, interpretación y resultado.

La composición del corpus fue la siguiente: ocho documentos correspondieron a la categoría de estado ambiental, ocho a gestión institucional, siete a experiencias comparables, nueve al marco normativo y diez a educación ambiental, para un total de 42 documentos.

En cuanto a su tipología, el corpus estuvo compuesto por 15 artículos científicos, siete normas, seis documentos institucionales, seis libros, cinco informes técnicos, un plan, una sentencia y una tesis. Los documentos de planificación incluidos en el corpus como el POMCA del río Apulo, el Plan de Ordenamiento Territorial de La Mesa, el Plan de Desarrollo Municipal y el PGAR se trataron como instrumentos de planificación y gestión, no como legislación.

Los criterios de inclusión fueron: pertinencia temática frente a los objetivos; respaldo científico, académico, institucional o normativo; trazabilidad de autoría y procedencia; y disponibilidad de información suficiente para identificar hallazgos relevantes. Los criterios de exclusión comprendieron fuentes informales o no verificables, contenidos sin autoría o procedencia institucional/académica y documentos sin relación suficiente con las categorías analíticas o los objetivos del estudio.

Para efectos de transparencia metodológica, se diferencian los registros formalmente incorporados al corpus de las fuentes descartadas durante la búsqueda exploratoria. En la matriz final quedaron identificados y revisados 42 documentos, de los cuales los 42 fueron incluidos en el corpus definitivo. Durante la búsqueda inicial se descartaron contenidos sin respaldo institucional, científico o académico suficiente, incluidos sitios informales o fuentes no verificables; sin embargo, el número exacto de estos descartes no fue registrado

en la etapa de búsqueda y, por rigor metodológico, no se reconstruye retrospectivamente con una cifra estimada.

Tabla 2
Composición del corpus documental

Categoría analítica	Número de documentos
Estado ambiental	8
Gestión institucional	8
Experiencias comparables	7
Marco normativo	9
Educación ambiental	10
Total	42

Fuente: elaboración propia a partir de la matriz documental de la investigación.

Tabla 3
Tipología del corpus documental

Tipo de documento	Cantidad
Artículos científicos	15
Normas	7
Documentos institucionales	6
Libros	6
Informes técnicos	5
Planes	1
Sentencias	1
Tesis	1
Total	42

Fuente: elaboración propia a partir de la matriz documental.

Fases Metodológicas

El modelo de Hoyos Botero (2000) estructura el proceso de investigación documental en cinco fases, descritas a continuación, ajustadas al cronograma del proyecto.

Fase 1. Preparatoria

Comprende la delimitación definitiva del problema, la definición de las categorías de análisis y el diseño de la matriz documental. Las categorías analíticas son cinco: estado ambiental de la quebrada y su contexto hídrico; gestión institucional CAR-Alcaldía-comunidad; experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas; marco normativo aplicable; y educación ambiental como eje de sostenibilidad.

Fase 2. Descriptiva

Búsqueda sistemática y clasificación inicial de los documentos del corpus. El instrumento de esta fase es la Matriz de Análisis Documental, organizada por categorías analíticas, con campos para fuente, año, tipo de documento, ubicación, hallazgo relevante y categoría asignada. La búsqueda en bases de datos científicas se realizó con los descriptores: urban stream pollution, watershed restoration, environmental governance, cuencas urbanas Colombia, educación ambiental hídrica y PTAR municipios intermedios.

Las fuentes seleccionadas fueron registradas en la Matriz de Análisis Documental, instrumento principal de esta fase. Para cada documento se consignaron datos de identificación y caracterización, incluyendo número de registro, tipo de documento, título,

autor o entidad responsable, año, fuente de acceso, categoría analítica, hallazgo relevante, cita significativa y observaciones del investigador.

Como resultado del proceso de selección se consolidó un corpus documental final de 42 documentos, todos registrados, leídos y utilizados en la construcción de la monografía. La matriz permitió organizar sistemáticamente las fuentes y establecer relaciones entre sus contenidos y las cinco categorías analíticas definidas en la fase preparatoria.

La clasificación documental permitió, además, diferenciar las fuentes según su naturaleza y función dentro de la investigación, integrando artículos científicos, normas, documentos institucionales, libros, informes técnicos, planes, sentencias y tesis. Esta diversidad de fuentes permitió realizar posteriormente un análisis comparativo y una triangulación documental entre diferentes tipos de evidencia.

Fase 3. Interpretativa por Núcleo Temático

En esta fase se desarrolló el análisis de contenido de los documentos que conformaron el corpus, tomando como referente metodológico la propuesta de Bardin (2002). La técnica se aplicó de manera sistemática para transformar la información contenida en los documentos en unidades de significado, códigos temáticos y categorías interpretativas relacionadas con los objetivos de la investigación.

La aplicación de Bardin se desarrolló mediante tres momentos articulados. En el preanálisis se realizó la lectura inicial de los 42 documentos, se verificó su pertinencia frente al problema y los objetivos y se organizó el corpus definitivo en la matriz

documental. En esta etapa también se definieron las cinco categorías analíticas y los criterios de lectura que orientarían la extracción de información.

En la fase de exploración del material se efectuó la lectura detallada de los documentos y la codificación temática de las unidades de información relevantes. Cada hallazgo se relacionó con su documento de origen, página o ubicación disponible, categoría analítica y observación del investigador. Para el objetivo 1 se codificaron presiones ambientales, fuentes, ubicación, evidencia y recurrencia documental; para el objetivo 2 se codificaron actores, acciones, resultados, brechas y evidencias de gestión; y para el objetivo 3 se codificaron problemas, causas, referentes comparables, estrategias, acciones, responsables e indicadores.

En el tratamiento e interpretación de los resultados, los códigos fueron agrupados y comparados dentro de cada categoría para identificar recurrencias, convergencias, diferencias y vacíos. La frecuencia utilizada en los resultados corresponde a la recurrencia de una presión o tema dentro de las fuentes analizadas y no a una frecuencia de medición en campo. La severidad se utilizó como valoración analítica cualitativa sustentada en el tipo de afectación documentada y en su relevancia para el funcionamiento ambiental de la quebrada; cuando no existió evidencia suficiente para establecerla, se indicó expresamente como no determinada.

La matriz documental constituyó el instrumento de trazabilidad del análisis porque conservó la relación entre cada documento, su hallazgo relevante, la cita o página disponible, la categoría analítica y las observaciones del investigador. La matriz de trazabilidad complementaria desarrollada a partir del corpus permitió posteriormente

organizar los hallazgos por objetivo específico y convertirlos en resultados susceptibles de discusión.

Finalmente, los resultados fueron triangulados con la literatura científica, las fuentes institucionales y normativas y el reconocimiento territorial complementario. La observación territorial se utilizó exclusivamente como apoyo descriptivo para contrastar visualmente condiciones previamente documentadas; no se empleó para producir mediciones fisicoquímicas, biológicas o microbiológicas.

Tabla 4
Procedimiento de análisis de contenido aplicado al corpus documental según Bardin

Momento de Bardin	Procedimiento realizado	Registro en la matriz	Producto analítico
Preanálisis	Lectura inicial, delimitación del corpus, verificación de pertinencia y definición de categorías	Identificación, tipo, año, fuente y categoría	Corpus definitivo de 42 documentos
Exploración y codificación	Lectura detallada y extracción de unidades de información; codificación por objetivo y categoría	Hallazgo, cita/página, observaciones y códigos de trazabilidad	Conjunto de hallazgos comparables
Tratamiento e interpretación	Agrupación, comparación, identificación de recurrencias, convergencias, diferencias y vacíos; triangulación	Matrices de trazabilidad por objetivo	Resultados, discusión y base para las estrategias

Fuente: elaboración propia

Con el propósito de garantizar la correspondencia entre el proceso metodológico y los objetivos planteados, se estableció una relación entre cada objetivo específico, las

fuentes documentales utilizadas, las categorías analíticas, los procedimientos de análisis y el producto esperado. Esta correspondencia permitió orientar el análisis documental hacia la generación de información específica para caracterizar la problemática, analizar la gestión institucional y formular estrategias integrales de manejo y recuperación para la quebrada La Carbonera.

Tabla 5
Correspondencia entre objetivos, fuentes y procedimientos metodológicos

Objetivo específico	Fuentes/documentos de apoyo	Categorías analíticas	Procedimiento metodológico	Resultado esperado
Caracterizar el estado ambiental actual de la quebrada La Carbonera, a partir del análisis documental de fuentes técnicas e institucionales, identificando las principales fuentes de contaminación hídrica, los puntos críticos de vertimiento y las condiciones del corredor ribereño descritas a lo largo de su recorrido urbano.	Informes técnicos, documentos institucionales, artículos científicos y registros relacionados con el estado ambiental de la quebrada.	Estado ambiental de la quebrada y su contexto hídrico.	Lectura y análisis de contenido de los documentos; identificación y codificación de hallazgos relacionados con fuentes de contaminación, vertimientos y condiciones del corredor ribereño; contraste con el reconocimiento territorial complementario.	Caracterización del estado ambiental, identificación de fuentes de contaminación, puntos críticos y condiciones del corredor ribereño.
Analizar la gestión ambiental desarrollada por la CAR Cundinamarca, la Alcaldía Municipal de La Mesa y la comunidad	Documentos institucionales, informes técnicos, normativa ambiental, documentos de gestión y fuentes relacionadas con la actuación de las instituciones y la comunidad.	Gestión institucional CAR-Alcaldía-comunidad.	Análisis de contenido mediante identificación, codificación y comparación de acciones, responsabilidades, resultados, brechas y limitaciones reportadas en las	Análisis de la gestión ambiental, identificando logros, brechas, limitaciones y relaciones entre los actores institucionales y comunitarios.

frente a la problemática de contaminación de la quebrada, identificando brechas, logros y limitaciones estructurales.	fuentes; triangulación entre documentos institucionales, normativos y observación territorial.			
Formular estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental que incorporen acciones técnicas, normativas, de educación ambiental y de participación comunitaria, como respuesta viable y sostenible a las causas de degradación identificadas.	Corpus documental sobre experiencias comparables, marco normativo, educación ambiental, gestión institucional y estado ambiental de la quebrada.	Experiencias comparables; marco normativo; educación ambiental, articuladas con los hallazgos de estado ambiental y gestión institucional.	Análisis comparativo de experiencias; integración de los hallazgos obtenidos en las fases anteriores; identificación de acciones transferibles; articulación de componentes técnicos, normativos, educativos y comunitarios.	Formulación de estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental ajustadas a las causas de degradación identificadas y al contexto territorial de La Carbonera.

Fuente: elaboración propia

Fase 4. Construcción Teórica Global

Esta fase correspondió a la integración crítica de los hallazgos obtenidos durante las fases descriptiva e interpretativa. A partir de la información sistematizada en la matriz documental y de las categorías analíticas establecidas, se realizó una síntesis transversal de los resultados con el propósito de identificar relaciones, coincidencias, tensiones, vacíos y aspectos recurrentes relacionados con la problemática ambiental de la quebrada La Carbonera.

La construcción teórica global permitió articular los resultados obtenidos en las categorías de estado ambiental, gestión institucional, experiencias comparables, marco normativo y educación ambiental, evitando que los hallazgos fueran interpretados de manera aislada. Esta integración permitió establecer relaciones entre las condiciones ambientales identificadas, las actuaciones institucionales y comunitarias, las disposiciones normativas, las experiencias de recuperación documentadas y el papel de la educación ambiental en los procesos de sostenibilidad.

A partir de esta síntesis se establecieron criterios para la formulación de las estrategias integrales de manejo y recuperación, procurando que cada propuesta respondiera a una problemática o necesidad identificada durante el análisis documental y el reconocimiento territorial complementario. Las estrategias fueron organizadas en cuatro dimensiones: técnica, ecológica, normativo-institucional y educativo-comunitaria.

Para garantizar la trazabilidad entre los hallazgos y las propuestas formuladas, cada estrategia se estructuró a partir de los siguientes componentes: descripción de la acción, justificación derivada de los hallazgos documentales, actores responsables, horizonte o plazo de implementación, indicador de seguimiento y costo estimado de referencia.

De esta manera, la formulación de estrategias no se desarrolló como una propuesta independiente del análisis, sino como resultado de la integración e interpretación de la evidencia obtenida en las fases anteriores. Esta fase permitió dar respuesta al tercer objetivo específico de la investigación, orientado a formular estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental que incorporen componentes técnicos, normativos, educativos y de participación comunitaria.

Fase 5. Extensión y Socialización

La fase de extensión y socialización comprendió la redacción final e integrada del documento monográfico a partir de los hallazgos consolidados en las fases precedentes, atendiendo los parámetros estructurales establecidos en la guía de opciones de grado del programa de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales de la Universidad Santo Tomás, CAU Facatativá, y las disposiciones formales de las normas APA séptima edición. El documento se organizó en los apartados exigidos por el programa: portada, resumen, abstract, introducción, planteamiento del problema, justificación, objetivos, antecedentes, marco referencial, metodología, resultados y discusión, impacto del proyecto, conclusiones, recomendaciones, referencias y apéndices. La revisión final se adelantó en articulación con la directora de monografía, MSc Yenny Beatriz Mendoza Plazas, incorporando ajustes de coherencia argumentativa, cohesión textual y cumplimiento normativo, con miras a la preparación del documento para sustentación ante el jurado evaluador del programa.

Reconocimiento Territorial Complementario

Se realizó una observación directa no participante, de carácter descriptivo, a lo largo del corredor urbano de la quebrada La Carbonera. El propósito fue complementar el análisis documental mediante registro fotográfico georreferenciado y descripción visual de las condiciones previamente señaladas en las fuentes secundarias. El recorrido comprendió cinco puntos entre la calle 8 y la calle 6 del casco urbano y el registro fotográfico se

presenta en el Apéndice B (Figuras 1 a 10). Esta actividad no correspondió a un muestreo ambiental ni constituyó un instrumento de medición de datos primarios; no se tomaron muestras de agua, sedimentos, macroinvertebrados ni otro material biológico, y no se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos o biológicos. Por tanto, sus resultados tienen carácter descriptivo y de apoyo a la triangulación documental.

Resultados y Discusiones

El análisis documental permitió responder de manera diferenciada a los tres objetivos específicos. Los resultados se presentan mediante una síntesis de los hallazgos codificados en la matriz documental y en la matriz de trazabilidad, distinguiendo entre evidencia específica de La Carbonera, evidencia institucional o normativa y evidencia contextual proveniente de literatura científica y experiencias comparables. La frecuencia señalada corresponde a recurrencia documental y no a frecuencia de ocurrencia medida en campo.

Resultado del Objetivo 1. Estado Ambiental de la Quebrada La Carbonera

El primer objetivo permitió identificar como presiones predominantes los vertimientos de aguas residuales domésticas, la intervención de la ronda hídrica, la presencia de residuos sólidos y las transformaciones asociadas a la urbanización. La evidencia específica procede principalmente del POMCA del río Apulo, el POT de La Mesa y el registro de observación directa no participante; la literatura científica se utilizó para contextualizar los mecanismos asociados a la urbanización, sin sustituir la evidencia local.

Tabla 6
Trazabilidad de los hallazgos del estado ambiental de la quebrada La Carbonera

Presión	Fuente/origen	Ubicación	Evidencia	Frecuencia documental	Severidad analítica	Interpretación
Vertimientos de aguas residuales domésticas	Alcantarillado y saneamiento insuficiente	La Carbonera y conexión con el río Apulo	El POMCA identifica a La Carbonera como fuente puntual asociada a vertimientos domésticos; informes institucionales documentan problemas de operación de la PTAR.	Alta	Alta	Constituye la presión con mayor convergencia entre fuentes locales e institucionales.
Intervención de la ronda hídrica	Ocupación y construcción en zona de protección	Ronda de La Carbonera	El POT registra intervención constructiva y define franja de protección; la observación descriptiva registró construcciones en tres tramos.	Alta	Alta	La presión afecta la función protectora del corredor ribereño.
Residuos sólidos	Disposición/acumulación en el entorno	Lecho y taludes	La observación directa no participante registró residuos sólidos en los puntos recorridos; experiencias comparables señalan la reducción de residuos como resultado de acciones comunitarias.	Media	Media	La evidencia local es descriptiva y no cuantifica volumen ni masa.
Urbanización e impermeabilización	Transformación del suelo y drenaje urbano	Cuenca urbana asociada a	Paul y Meyer (2001) y Walsh et al. (2005)	Recurrente en literatura y	Media	Funciona principalmente como factor contextual y

La Carbonera	describen alteraciones hidrológicas y ecológicas asociadas a la urbanización; el POT documenta intervención territorial local.	documentos territoriales	explicativo; no se presenta como medición local de caudales o escorrentía.
--------------	--	--------------------------	--

Fuente: elaboración propia

La convergencia entre el POMCA, el POT y la observación descriptiva permite establecer que las presiones no son independientes. Los vertimientos y las deficiencias de saneamiento se relacionan con la calidad ambiental del cauce, mientras que la intervención de la ronda y la urbanización reducen la capacidad protectora del corredor ribereño. La literatura sobre el síndrome del arroyo urbano permite interpretar esta relación, pero no sustituye la evidencia local. En particular, la investigación no cuenta con resultados propios de laboratorio; por ello, no se afirma que exista una concentración determinada de oxígeno disuelto, DBO, SST u otro parámetro fisicoquímico en La Carbonera.

Estos hallazgos permiten caracterizar a La Carbonera como un caso representativo del síndrome del arroyo urbano descrito por Paul y Meyer (2001): la coexistencia de vertimientos domésticos, intervención de la ronda hídrica y transformación del suelo configura un patrón de deterioro acumulativo que, siguiendo la teoría del continuo fluvial (Vannote et al., 1980), no se limita al tramo urbano de la quebrada, sino que se propaga hacia el río Apulo y, en última instancia, hacia el río Bogotá. La convergencia de cuatro presiones simultáneas, y no de una causa aislada, constituye en sí misma un hallazgo

relevante para el objetivo 1: explica por qué las intervenciones puntuales documentadas en el corpus no han logrado revertir el deterioro del cuerpo hídrico, y sustenta la necesidad de una estrategia integral, y no exclusivamente técnica, para su recuperación.

Resultado del Objetivo 2. Gestión Ambiental Institucional y Comunitaria

El segundo objetivo permitió reconocer una gestión institucional activa pero fragmentada. La CAR registra problemas operativos de la PTAR; la Alcaldía contempla acciones de mantenimiento y limpieza; la ERAT establece metas de cobertura; y los órganos de control y la sentencia del río Bogotá aportan mecanismos de seguimiento y obligaciones. Sin embargo, la matriz evidencia brechas relacionadas con continuidad, articulación interinstitucional, focalización específica sobre La Carbonera y disponibilidad de indicadores de resultado. El cumplimiento se califica como parcial o no verificable cuando el corpus no aporta evidencia suficiente para establecerlo.

Tabla 7
Trazabilidad de la gestión ambiental institucional y comunitaria

Actor	Acción realizada/documentada	Evidencia	Resultado	Brecha	Cumplimiento	Fuente
CAR Cundinamarca	Seguimiento a PTAR y gestión de la cuenca	Informe de seguimiento de 2021	Se documentan problemas de operación, mantenimiento y gestión administrativa.	Persistencia de dificultades operativas y necesidad de seguimiento continuo.	Parcial; el corpus no aporta resultados analíticos suficientes para verificar el cumplimiento de parámetros de vertimiento.	R003
Alcaldía de La Mesa	Programación de mantenimiento de PTAR y limpieza de rondas	Plan de Desarrollo 2024–2027	Existen acciones y recursos programados.	No se identifica una línea específica de	Parcial en la planeación; no se verifica	R012

				recuperación integral de La Carbonera ni indicadores de resultado hídrico.	resultado territorial.	
ERAT	Gestión del servicio de agua y saneamiento	Plan Estratégico 2025–2028	Se registra operación de la PTAR al 68 % de capacidad y meta de cobertura del 85 % para 2028.	Restricciones de mantenimiento o, presupuesto y personal técnico.	Parcial según la información del plan; la meta futura no equivale a resultado alcanzado.	R011
Consejo de Estado	Establecimiento de obligaciones para la recuperación de la cuenca	Sentencia río Bogotá de 2014	Se establecen órdenes de saneamiento, seguimiento y articulación territorial.	La implementación requiere coordinación de múltiples entidades.	Obligación jurídica vigente; el cumplimiento local debe contrastarse con los informes de seguimiento.	R016
Contraloría General de la República	Seguimiento y observación del cumplimiento de la sentencia	Informes de 2016 y 2025	Se documentan brechas de implementación y observaciones sobre la orden 4.18.	Persistencia de dificultades de articulación y actualización de instrumentos territoriales.	El incumplimiento de la orden 4.18 está documentado por la fuente de control; no debe extrapolarse automáticamente a todos los componentes ambientales.	R015, R017
Comunidad	Participación potencial y acciones de educación ambiental	Experiencias comparables y fuentes de educación ambiental	El corpus demuestra que la participación comunitaria favorece la sostenibilidad de procesos de recuperación.	La matriz no aporta evidencia suficiente de un mecanismo comunitario permanente ya consolidado específicamente para La Carbonera.	No verificable para el caso local.	R018, R021, R033–R042

Fuente: elaboración propia

La principal brecha identificada no corresponde a la ausencia absoluta de acciones institucionales, sino a la distancia entre planeación, ejecución, seguimiento y resultados

verificables. La existencia de una norma o de una meta institucional no constituye por sí misma evidencia de cumplimiento material. En consecuencia, la Resolución 0631 de 2015 se utiliza como referente normativo para el control de vertimientos, pero el corpus no permite afirmar que La Carbonera o la PTAR cumplan o incumplan sus límites sin resultados analíticos específicos.

Estos hallazgos, leídos en conjunto con los del objetivo 1, explican la persistencia de las presiones ambientales documentadas: cada actor CAR, Alcaldía, ERAT, órganos de control cumple funciones formalmente asignadas, pero ninguna evidencia disponible en el corpus permite verificar un mecanismo de coordinación permanente entre ellos que se traduzca en resultados medibles sobre la quebrada específica. Este patrón coincide con Pahl-Wostl et al. (2012), para quienes la fragmentación institucional, entendida como ausencia de coordinación efectiva y no como ausencia de acción, es uno de los factores más determinantes en el fracaso de las intervenciones de restauración hídrica. La brecha identificada para el objetivo 2, por tanto, no es normativa ni presupuestal, sino de gobernanza: la ausencia de un espacio formal, sostenido y con evidencias verificables de coordinación interinstitucional en torno a La Carbonera específicamente.

Resultado del Objetivo 3. Experiencias Comparables

El análisis de experiencias comparables mostró que los procesos de recuperación con mayor potencial de sostenibilidad combinan acciones ecológicas y técnicas con gobernanza, participación comunitaria y educación ambiental. En la quebrada El Amarillo se documenta la articulación entre comunidad escolar y juntas de acción comunal; en la

quebrada Malpaso se destaca la continuidad de acuerdos entre actores; y el Plan Quebradas del Valle de Aburrá evidencia mejores resultados cuando se integran componentes técnicos, normativos y comunitarios. Estas experiencias son referentes de transferencia metodológica, no evidencia de resultados ya obtenidos en La Carbonera.

Tabla 8

Experiencias comparables de recuperación de quebradas urbanas y su transferibilidad a La Carbonera

Experiencia	Problema abordado	Estrategia/acción	Resultado documentado	Transferibilidad a La Carbonera
Quebrada El Amarillo, Anolaima	Residuos y baja apropiación comunitaria	Articulación escolar y juntas de acción comunal	Mejora de percepción y reducción reportada de residuos	Alta: proximidad territorial y enfoque comunitario.
Quebrada Malpaso, Medellín	Degradación del corredor urbano	Revegetalización y acuerdos entre actores con veeduría	Recuperación de 1,2 km de corredor ripario en cuatro años	Media-alta: requiere adaptación institucional y territorial.
Plan Quebradas del Valle de Aburrá	Intervenciones fragmentadas	Integración técnica, normativa y comunitaria	Mejores resultados sostenibles en proyectos integrales	Alta como principio de gestión, no como réplica mecánica.
Revegetalización riparia y restauración urbana	Degradación ecológica y pérdida de funciones del corredor	Revegetalización nativa, recuperación hidrológica y conectividad	Mejoras ecológicas reportadas en periodos de varios años	Media: requiere estudios específicos de especies, suelo y dinámica hídrica local.

Fuente: elaboración propia

La comparación muestra un patrón común: las experiencias con mayor sostenibilidad integran continuidad institucional, participación y acciones ecológicas o técnicas. Este hallazgo coincide con Pahl-Wostl et al. (2012) y con los principios de gobernanza del agua de Rogers y Hall (2003). La transferencia al caso de La Carbonera debe entenderse como adaptación de principios y no como copia de proyectos desarrollados bajo condiciones territoriales diferentes.

La transferibilidad diferencial registrada en la Tabla 8 no es arbitraria: responde a la distancia entre las condiciones institucionales y territoriales de cada experiencia y las de La Carbonera. La quebrada El Amarillo, en el municipio vecino de Anolaima, presenta la transferibilidad más alta precisamente por su proximidad territorial y por operar bajo un enfoque comunitario replicable con recursos limitados, similar al contexto de La Mesa. La experiencia de Malpaso, en cambio, aunque documenta resultados ecológicos más contundentes 1,2 km de corredor recuperado en cuatro años, exige una capacidad institucional y una veeduría sostenida que La Mesa aún no ha demostrado poseer, lo que reduce su transferibilidad inmediata sin antes fortalecer la gobernanza local. El Plan Quebradas del Valle de Aburrá aporta principalmente un principio de gestión la integración técnica, normativa y comunitaria más que un modelo replicable paso a paso, dada la diferencia de escala entre una región metropolitana y un municipio intermedio como La Mesa. Esta lectura diferenciada evita el error metodológico de tratar las experiencias comparables como recetas universales y sustenta por qué las estrategias formuladas en el objetivo 3 adaptan principios generales a las condiciones específicas de gobernanza, escala y capacidad institucional documentadas para La Carbonera.

Resultado del Objetivo 3. Estrategias Integrales Propuestas

El tercer objetivo se respondió mediante la integración de los problemas identificados, sus causas documentales y las experiencias comparables. Las estrategias propuestas no representan acciones ya ejecutadas, sino alternativas formuladas por el investigador a partir de la evidencia del corpus. Para cada una se definieron acciones,

responsables e indicadores de seguimiento, de manera que la propuesta pueda ser evaluada posteriormente.

Tabla 9
Estrategias integrales propuestas para el manejo y recuperación de la quebrada La Carbonera

Problema	Causa/contexto	Estrategia	Acción principal	Responsable	Indicador	Fuente
Vertimientos y saneamiento insuficiente	Problemas operativos y de mantenimiento de PTAR	Fortalecimiento técnico del saneamiento	Plan de mantenimiento, seguimiento a operación y control de vertimientos	CAR, Alcaldía y ERAT	Reportes periódicos de operación; resultados analíticos de efluente cuando estén disponibles	R001, R003, R007, R011, R012
Intervención de la ronda	Ocupación constructiva y presión urbana	Recuperación y protección del corredor ribereño	Identificar puntos críticos, recuperar sectores priorizados y hacer seguimiento al uso del suelo	Alcaldía y CAR	Número de puntos críticos atendidos y acciones de recuperación verificadas	R004, R006, R009
Residuos sólidos	Disposición inadecuada y baja apropiación	Gestión comunitaria de residuos	Acciones focalizadas de educación, prevención y seguimiento en puntos críticos	Alcaldía, comunidad e instituciones educativas	Puntos intervenidos y recurrencia observada de residuos	R009, R018, R021
Fragmentación institucional	Múltiples actores y mecanismos de coordinación insuficientes	Gobernanza interinstitucional	Mesa técnica permanente con responsables, compromisos y evidencias	CAR, Alcaldía, ERAT y actores comunitarios	Actas, compromisos cumplidos y reportes de seguimiento	R013–R017
Baja apropiación y continuidad	Procesos educativos aislados	Educación ambiental y cultura hídrica	PRAE, formación de líderes y campañas sostenidas de cultura del agua	Instituciones educativas, CAR, Alcaldía y comunidad	Número de actividades, participantes, alianzas y acciones sostenidas	R018, R021, R033–R042

Fuente: elaboración propia

La propuesta responde directamente al tercer objetivo porque cada estrategia se deriva de una presión o brecha previamente identificada y se acompaña de responsables e indicadores. Los indicadores son propuestos para seguimiento futuro; no representan resultados ya alcanzados por la investigación.

- **Dimensión técnica.** Fortalecer la operación y mantenimiento de la PTAR, mejorar el control y seguimiento de los vertimientos conforme al marco técnico aplicable y atender los puntos de descarga y retención de sólidos identificados en el diagnóstico documental. La propuesta se sustenta en R001, R003, R007, R011 y R012.
- **Dimensión ecológica.** Recuperar progresivamente el corredor ribereño mediante revegetalización con especies nativas, protección de la ronda y recuperación de sectores intervenidos, tomando como referentes el POT de La Mesa, los principios de restauración de arroyos urbanos y la experiencia de la quebrada Malpaso.
- **Dimensión normativo-institucional.** Establecer un mecanismo permanente de coordinación entre CAR Cundinamarca, Alcaldía Municipal y ERAT; articular el seguimiento de la quebrada con los instrumentos de planificación y las obligaciones derivadas de la sentencia del río Bogotá; y definir evidencias e indicadores periódicos de cumplimiento.
- **Dimensión educativo-comunitaria.** Implementar procesos de educación ambiental contextualizada mediante PRAE, formación de líderes comunitarios y acciones sostenidas de cultura hídrica, articuladas con la autoridad ambiental y la administración municipal. Esta dimensión se sustenta en R021, R033–R042 y en las experiencias comparables del corpus.

Las cuatro dimensiones no operan como componentes independientes, sino como un sistema interdependiente: la dimensión técnica sin la ecológica reduce la recuperación a una intervención de infraestructura que no restablece la función del corredor ribereño; la dimensión ecológica sin la normativo-institucional carece de continuidad porque no existe un mecanismo que sostenga las acciones en el tiempo; y ninguna de las tres anteriores es sostenible sin la dimensión educativo-comunitaria, que es la que genera apropiación social del cuerpo hídrico y reduce la recurrencia de las presiones identificadas en el objetivo 1. Esta lógica de sistema, y no de lista de acciones aisladas, es la que responde de manera integral al objetivo 3 y constituye el aporte central de la propuesta frente a las intervenciones fragmentadas documentadas en el objetivo 2.

Discusión General

Los resultados obtenidos para los tres objetivos específicos no deben leerse de manera aislada, sino como una cadena causal interrelacionada. El objetivo 1 documentó la coexistencia de cuatro presiones ambientales sobre la quebrada La Carbonera vertimientos, intervención de la ronda, residuos sólidos y urbanización sin que exista, entre ellas, una causa dominante única. El objetivo 2 explicó por qué estas presiones no han sido revertidas por la gestión institucional existente: no por ausencia de acciones, sino por fragmentación entre la CAR, la Alcaldía, la ERAT y los órganos de control, y por la falta de indicadores de resultado verificables sobre el cuerpo hídrico específico. El objetivo 3, a su vez, respondió directamente a esta brecha: las estrategias propuestas no se formularon a partir de una lista genérica de buenas prácticas, sino de la correspondencia explícita entre cada presión documentada en el objetivo 1 y cada brecha institucional identificada en el objetivo 2.

Esta lectura conjunta permite sostener la tesis central del estudio: la recuperación de La Carbonera no depende principalmente de nueva evidencia técnica o normativa que, como mostró el Marco Institucional y Normativo, ya existe en un grado considerable, sino de un mecanismo de gobernanza interinstitucional capaz de sostener la articulación entre la CAR, la Alcaldía, la ERAT y la comunidad en el tiempo. Este hallazgo es consistente con Pahl-Wostl et al. (2012), para quienes la fragmentación institucional, y no la insuficiencia técnica, explica el fracaso de las intervenciones de restauración hídrica en contextos similares, y con las experiencias comparables analizadas en el objetivo 3, donde los procesos con mayor sostenibilidad Malpaso y el Plan Quebradas del Valle de Aburrá combinaron continuidad institucional con participación comunitaria sostenida.

En consecuencia, la discusión de los resultados no busca atribuir el deterioro de la quebrada a una única entidad o causa, sino evidenciar que la solución tampoco puede reducirse a una sola dimensión de intervención. Las cuatro dimensiones de la estrategia propuesta técnica, ecológica, normativo-institucional y educativo-comunitaria responden precisamente a esta lectura integrada de los tres objetivos, y constituyen el aporte central de esta monografía al diagnóstico ambiental de la quebrada La Carbonera.

Conclusiones

Las siguientes conclusiones sintetizan los hallazgos centrales del análisis documental desarrollado en las cinco fases metodológicas del estudio, con trazabilidad explícita respecto a cada objetivo específico, conforme a los principios de coherencia interna de la investigación documental (Hoyos Botero, 2000).

Respecto al Estado Ambiental de la Quebrada, el análisis documental permitió caracterizar la quebrada La Carbonera como un cuerpo hídrico urbano sometido a presiones ambientales interrelacionadas, entre las que sobresalen los vertimientos de aguas residuales domésticas, la intervención de la ronda hídrica, la presencia de residuos sólidos y las transformaciones derivadas de la urbanización. La convergencia entre el POMCA del río Apulo, el POT de La Mesa, los documentos institucionales y la observación directa no participante de carácter descriptivo permite sostener la existencia de un patrón de deterioro ambiental documentado. La observación territorial corroboró visualmente condiciones previamente descritas, pero no constituyó muestreo ambiental ni generó datos analíticos fisicoquímicos, por lo que esta investigación no establece concentraciones de oxígeno disuelto, DBO, SST u otros parámetros que requieran análisis de laboratorio.

Respecto a la Gestión Institucional

La gestión ambiental presenta acciones y obligaciones institucionales identificables, pero también brechas de articulación, continuidad y seguimiento. La CAR documenta

dificultades operativas de la PTAR; la Alcaldía incorpora acciones de saneamiento y limpieza; la ERAT plantea metas de gestión; y la sentencia del río Bogotá, junto con los informes de control, establece mecanismos de seguimiento. Sin embargo, la evidencia disponible muestra que la existencia de acciones programadas no garantiza por sí misma resultados ambientales verificables. En particular, el cumplimiento de los parámetros de la Resolución 0631 de 2015 no puede determinarse con este estudio porque no se realizaron análisis de laboratorio del efluente ni del cuerpo receptor.

Respecto a las Estrategias Propuestas la recuperación de La Carbonera requiere una estrategia integrada y sostenida que articule saneamiento, protección del corredor ribereño, coordinación institucional y educación ambiental. Las experiencias comparables analizadas muestran que los procesos con mayor sostenibilidad combinan componentes técnicos y ecológicos con participación comunitaria y mecanismos de gobernanza. En consecuencia, las estrategias formuladas en esta monografía se derivan de problemas y brechas identificados documentalmente y se estructuran con acciones, responsables e indicadores para facilitar su eventual implementación y seguimiento. Estas estrategias son propuestas del investigador y no resultados de intervención ejecutada.

Respecto al Marco Normativo e Instrumentos de Planificación el análisis del marco jurídico permitió establecer que Colombia dispone de disposiciones constitucionales, legales, reglamentarias y técnicas aplicables a la protección del recurso hídrico y al control de vertimientos. La Resolución 0631 de 2015 constituye el referente técnico para los límites de vertimiento; la Resolución 0957 de 2019 aprueba el ajuste y actualización del POMCA del río Bogotá; y la sentencia del Consejo de Estado de 2014 establece obligaciones de

recuperación y articulación territorial. Los documentos POMCA, POT, Plan de Desarrollo Municipal y PGAR permanecen en el corpus como instrumentos de planificación y gestión, no como legislación. La principal brecha identificada se encuentra en la articulación entre estas disposiciones e instrumentos y su implementación territorial, aspecto que debe continuar siendo objeto de seguimiento institucional.

Síntesis General

En conjunto, estas conclusiones permiten sostener que el objetivo general de la investigación proponer estrategias integrales de manejo y recuperación ambiental para la quebrada La Carbonera, con énfasis en la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes de sostenibilidad territorial fue alcanzado a través del análisis documental desarrollado en las cinco fases metodológicas. El diagnóstico ambiental construido documentalmente confirma el deterioro progresivo que anuncia el título de esta monografía, y las estrategias formuladas no se limitan a la dimensión técnica del problema: la educación ambiental y la participación comunitaria, lejos de ser un componente adicional, se constituyen en el eje que atraviesa las cuatro dimensiones de la propuesta y en la condición de sostenibilidad territorial de cualquier intervención sobre la quebrada La Carbonera en el largo plazo.

Aporte al Programa AARN y a la Línea L5

La monografía aporta al programa Administración Ambiental y de los Recursos Naturales evidencia documental sistematizada sobre un caso local, fortaleciendo el acervo

investigativo de la línea L5 (Educación y Sostenibilidad) y constituyendo un antecedente metodológico para futuros trabajos sobre cuerpos hídricos urbanos en Cundinamarca.

Limitaciones y Líneas Futuras

El presente estudio reconoce como limitación principal la ausencia de datos primarios físicoquímicos generados directamente por el investigador, así como el carácter exclusivamente documental del análisis institucional. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos ni las estrategias formuladas, dado que la investigación documental es el enfoque metodológico apropiado para este tipo de monografía diagnóstica; sin embargo, abren tres líneas naturales de continuidad investigativa: un muestreo físicoquímico in situ del cauce en al menos tres puntos representativos; un proceso participativo de validación de las estrategias con la comunidad de los barrios aledaños; y la formulación de un PRAE específico para la cuenca de la quebrada articulado a las instituciones educativas del entorno.

Recomendaciones

Con base en los hallazgos documentados, la monografía formula recomendaciones diferenciadas por actor responsable, conforme a los principios de gobernanza efectiva propuestos por el Global Water Partnership (2002).

A la CAR Cundinamarca

- Fortalecer el seguimiento periódico al cumplimiento de los parámetros de la Resolución 0631 de 2015 (MADS, 2015) en la PTAR municipal y en los puntos críticos de vertimiento identificados a lo largo de la quebrada.
- Articular el seguimiento de la quebrada La Carbonera al Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Apulo (CAR, 2019), dada su condición de tributaria directa.
- Promover una mesa técnica permanente entre CAR, Alcaldía y comunidad como mecanismo formal de gobernanza para cuerpos hídricos urbanos del Tequendama (Pahl-Wostl et al., 2012).

A la Alcaldía Municipal de La Mesa

- Incorporar la quebrada La Carbonera como unidad de gestión prioritaria en la actualización del componente ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial.
- Avanzar progresivamente hacia la separación del alcantarillado combinado en los barrios aledaños a la quebrada, priorizando los puntos críticos identificados.

- Garantizar la operación continua y técnicamente adecuada de la PTAR municipal, con reporte público periódico de su desempeño.
- Implementar PRAE en las instituciones educativas oficiales aledañas a la quebrada, en cumplimiento del Decreto 1743 de 1994.

A las Organizaciones Comunitarias

- Conformar comités locales de cuidado de la quebrada con participación de juntas de acción comunal, instituciones educativas y comerciantes del sector.
- Asumir corresponsabilidad en el reporte oportuno de nuevos puntos de vertimiento o invasión de la ronda hidráulica ante las autoridades competentes.
- Participar activamente en jornadas de educación ambiental, limpieza y revegetalización del corredor ribereño.

Al Programa AARN y al Grupo GARN

- Continuar la línea de investigación sobre cuerpos hídricos urbanos en municipios intermedios de Cundinamarca, articulando trabajos de grado complementarios.
- Promover la articulación de los trabajos de grado con las mesas técnicas territoriales como mecanismo de transferencia de conocimiento del aula al territorio.

Glosario

El presente glosario reúne términos técnicos complementarios al marco conceptual, organizados alfabéticamente para facilitar la consulta del lector no especializado.

Caudal ecológico. Volumen mínimo de agua que debe mantenerse en un curso fluvial para preservar las funciones ecológicas básicas del ecosistema acuático y las condiciones de los usuarios aguas abajo. Es un parámetro de gestión hídrica reconocido en la normativa colombiana mediante el Decreto 1076 de 2015.

Coliformes fecales. Grupo de bacterias presentes en el intestino de humanos y animales de sangre caliente, cuya detección en un cuerpo de agua es indicador directo de contaminación por aguas residuales domésticas. Su control se rige por la Resolución 0631 de 2015 (MADS, 2015).

Cuenca hidrográfica. Unidad territorial natural delimitada por la divisoria de aguas, en la que las aguas superficiales y subterráneas convergen hacia un cauce principal. Es la unidad básica de planificación y manejo en la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MADS, 2010).

Cultura hídrica. Conjunto de conocimientos, valores, prácticas y representaciones colectivas que una comunidad desarrolla en torno al agua y que orientan su uso, cuidado y gobernanza en el territorio (Sauvé, 2005).

Eutrofización. Proceso de enriquecimiento excesivo de nutrientes en un cuerpo de agua, que genera proliferación de algas, reducción del oxígeno disuelto y pérdida de biodiversidad acuática (Roldán y Ramírez, 2008).

Gobernanza ambiental. Sistema de actores, normas, procesos y mecanismos de coordinación que regulan la toma de decisiones colectivas sobre el ambiente y los recursos naturales (Rogers y Hall, 2003).

Limnología. Disciplina científica que estudia las características físicas, químicas y biológicas de las aguas continentales superficiales lagos, ríos, quebradas, humedales, incluyendo sus interacciones con el entorno terrestre (Roldán y Ramírez, 2008).

Oxígeno disuelto. Cantidad de oxígeno gaseoso presente en el agua, expresada en miligramos por litro. Es uno de los parámetros más sensibles a la contaminación orgánica y un indicador clave de la salud ecológica de un cuerpo hídrico (IDEAM, 2014).

PRAE. Proyecto Ambiental Escolar. Mecanismo establecido por el Decreto 1743 de 1994 para incorporar la educación ambiental de manera transversal en los proyectos educativos institucionales.

Saneamiento básico. Conjunto de servicios públicos esenciales acueducto, alcantarillado y manejo de residuos sólidos que garantizan condiciones sanitarias adecuadas en un territorio y que son responsabilidad directa de las administraciones municipales.

Sólidos suspendidos totales. Partículas sólidas no disueltas presentes en el agua, expresadas en miligramos por litro, retenidas por un filtro de tamaño estándar. Su control es un parámetro obligatorio de la Resolución 0631 de 2015 (MADS, 2015).

Triangulación. Estrategia metodológica de validación que consiste en contrastar información proveniente de distintas fuentes, métodos o investigadores para verificar la convergencia de los hallazgos y fortalecer la validez del estudio (Bardin, 2002; Hernández Sampieri et al., 2014).

Vegetación riparia. Vegetación nativa que se desarrolla en las riberas de cuerpos hídricos y que cumple funciones ecológicas críticas: estabilización de orillas, filtración de contaminantes, regulación térmica del cauce y provisión de hábitat para fauna acuática y terrestre asociada (Paul y Meyer, 2001).

Cronograma de Trabajo

El cronograma se estructura conforme a las cinco fases del modelo de Hoyos Botero (2000), distribuidas en 45 días calendario entre el 6 de mayo y el 19 de junio de 2026, con énfasis en 21 días de trabajo documental intensivo (rastreo e interpretación) entre el 11 y el 31 de mayo. El detalle se presenta en la Tabla 10.

Instrumentos de planificación y gestión ambiental

Tabla 10

Distribución de actividades por bloques de fechas (mayo–junio de 2026)

Actividad	6–10 may	11–17 may	18–24 may	25–31 may	1–7 jun	8–14 jun	15–19 jun
Fase 1. Preparatoria: delimitación, categorías y diseño de matriz documental	X						
Fase 2. Descriptiva: rastreo y recolección documental		X	X				
Fase 3. Interpretativa: análisis de contenido por núcleos temáticos			X	X			
Reconocimiento territorial complementario (recorrido y registro fotográfico)						X	

Actividad	6–10 may	11–17 may	18–24 may	25–31 may	1–7 jun	8–14 jun	15–19 jun
Fase 4. Construcción teórica global y formulación de estrategias					X	X	
Fase 5. Redacción final del documento monográfico						X	X
Revisión con directora de monografía y ajustes finales						X	X

Nota. Elaboración propia con base en el modelo de Hoyos Botero (2000). El bloque del 11 al 31 de mayo (21 días) concentra el trabajo documental intensivo. La superposición de las Fases 2 y 3 entre el 18 y el 24 de mayo permite iniciar el análisis de contenido sobre los primeros documentos rastreados mientras continúa la búsqueda. La Fase 4 y la Fase 5 se traslapan parcialmente entre el 8 y el 14 de junio para optimizar el cierre antes del 20 de junio.

Presupuesto

Dado que la investigación es de carácter documental, el presupuesto requerido es modesto. El detalle se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11
Presupuesto de la investigación documental

Rubro	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo total
Materiales	Impresión de matriz documental, fichas y borradores	\$200	50	\$10.000
Insumos	Cuaderno de notas, lapiceros, marcadores, carpeta	\$10.000	1	\$10.000
Transporte	Desplazamientos a La Mesa para visitas institucionales y recorrido	\$5.000	8	\$20.000
Servicios	Plan de datos móviles para búsqueda bibliográfica (2 meses)	\$30.000	1	\$30.000
Bases de datos	Acceso a bases científicas por el sistema bibliotecario USTA	\$0	1	\$0
Equipos	El investigador dispone de computador, celular y GPS	\$0	—	\$0
Total				\$70.000 COP

Nota. Elaboración propia. Al tratarse de una monografía documental, no se requirieron análisis de laboratorio ni equipos especializados. Los datos de calidad fisicoquímica del agua se obtuvieron de fuentes secundarias oficiales (CAR, IDEAM, MADS).

Impacto del Proyecto

Impacto Ambiental

La monografía genera un instrumento técnico de referencia para reducir la carga contaminante, recuperar la cobertura vegetal de la ronda hidráulica y mejorar la calidad del agua de la quebrada La Carbonera. Las estrategias formuladas contribuyen a disminuir el impacto de los vertimientos sobre el río Apulo y la cadena hídrica hacia el río Bogotá.

Impacto Social

Al incorporar la educación ambiental y la participación comunitaria como ejes transversales, el trabajo aporta elementos para desarrollar una cultura hídrica en los barrios aledaños, orientada a transformar prácticas cotidianas relacionadas con residuos y uso de la ronda hidráulica, y a fortalecer la corresponsabilidad ciudadana (Sauvé, 2005).

Impacto Institucional

El análisis identifica brechas concretas en la articulación CAR-Alcaldía-comunidad, ofreciendo recomendaciones para la gobernanza ambiental local y constituyendo un insumo técnico para la actualización del componente ambiental del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de La Mesa.

Impacto Académico

La monografía aporta evidencia documental sobre la degradación de un cuerpo hídrico urbano en Cundinamarca, contribuyendo al acervo investigativo del programa AARN y fortaleciendo el vínculo con la línea L5 (Educación y Sostenibilidad) del grupo GARN.

Referencias

- Acevedo Ospina, L. A., y Durango López, J. F. (2021). Restauración ecológica participativa de la quebrada Malpaso en el contexto urbano de Medellín: lecciones para la gobernanza ambiental local. *Gestión y Ambiente*, 24(2), 45-62.
- Alcaldía Municipal de La Mesa. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de La Mesa 2020-2031*. Alcaldía de La Mesa.
- Alcaldía Municipal de La Mesa. (2024). *Plan de desarrollo municipal 2024-2027: La Mesa que queremos*. Alcaldía de La Mesa. <https://lamesa-cundinamarca.gov.co>
- Bardin, L. (2002). *Análisis de contenido* (3.^a ed.). Akal.
- Broadmeadow, S., y Nisbet, T. R. (2004). Riparian revegetation with native species along degraded urban streams: an ecological effectiveness assessment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(3), 456-470. <https://doi.org/10.5194/hess-8-456-2004>
- Carrizosa Umaña, J. (2003). *Colombia: de lo imaginario a lo complejo*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales.
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común* [Informe Brundtland]. Naciones Unidas.
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental. Diario Oficial No. 41.146.
- Congreso de la República de Colombia. (1994, 8 de febrero). Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la ley general de educación. Diario Oficial No. 41.214.

Consejo de Estado, Sala Plena de lo Contencioso Administrativo. (2014, 28 de marzo).

Sentencia Acción Popular Río Bogotá. Radicación 25000-23-27-000-2001-90479-01.

Constitución Política de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia de 1991*.

Contraloría General de la República. (2016). *Informe de auditoría de cumplimiento: Seguimiento a la sentencia río Bogotá*. CGR.

Contraloría General de la República. (2025). *Observación formal a municipios de la cuenca del río Bogotá por incumplimiento de la orden 4.18 de la sentencia río Bogotá*. CGR.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2019). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Apulo*. CAR Cundinamarca.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2020). *Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2020-2031*. CAR Cundinamarca.
<https://www.car.gov.co/vercontenido/2453>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2021). *Informe de seguimiento a Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la cuenca media del río Apulo*. CAR Cundinamarca.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional del Guavio, & Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia. (2019, 2 de abril). Resolución 0957 de 2019, por medio de la cual se aprueba el ajuste y actualización del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá y se dictan otras disposiciones.

- Cuevas Gutiérrez, L. F., Orozco Vargas, R., y Martínez Rondón, N. P. (2021). Proyectos Ambientales Escolares en cuencas hidrográficas colombianas: balance y perspectivas. *Revista Luna Azul*, 53, 12-31. <https://doi.org/10.17151/luaz.2021.53.2>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. DANE.
- Empresa Regional Aguas del Tequendama. (2025). *Plan estratégico 2025-2028*. ERAT.
- Galvis-Ocampo, J. C. (2023). Plan Quebradas del Valle de Aburrá: evaluación de impactos técnicos, institucionales y comunitarios. *Revista EIA*, 20(39), e2301. <https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1528>
- Global Water Partnership. (2000). *Integrated water resources management* (TAC Background Papers No. 4). Global Water Partnership.
- Global Water Partnership. (2002). *Effective water governance* (TEC Background Papers No. 7). Global Water Partnership.
- Gobernación de Cundinamarca. (2022). *Plan de desarrollo departamental Cundinamarca, ¡Región que Progresas! 2020-2024*. Gobernación de Cundinamarca.
- Gobernación de Cundinamarca. (2024). *Pacto por la cultura y el turismo del Tequendama* [Comunicado institucional]. Instituto Departamental de Cultura y Turismo de Cundinamarca.
- González Gaudiano, É. (2007). Educación ambiental para la sostenibilidad: tensiones y perspectivas en el contexto colombiano. *Tópicos en Educación Ambiental*, 5(13), 32-41.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hoyos Botero, C. (2000). *La investigación documental y bibliográfica: sistematización de experiencias*. Señal Editora.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). *Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales: Hoja metodológica*. IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2022). *Estudio Nacional del Agua 2022*. IDEAM.
- Massiris Cabeza, Á. (2012). *Gestión del territorio y desarrollo sostenible en países iberoamericanos*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. MADS.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015, 17 de marzo). Resolución 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.
- Ministerio de Educación Nacional y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Política Nacional de Educación Ambiental*. MEN-MADS.
- Pahl-Wostl, C., Backer, M., Knieper, C., y Mostert, E. (2012). Adaptive and integrated water management. *Ecology and Society*, 17(1), 15. <https://doi.org/10.5751/ES-04565-170115>

- Palmer, J. (1998). *Environmental education: a global perspective on the current situation and future prospects*. Routledge.
- Palmer, M. A., Hondula, K. L., y Koch, B. J. (2014). Ecological restoration of streams and rivers: Shifting strategies and shifting goals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 247-269. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091935>
- Paul, M. J., y Meyer, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 333-365.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114040>
- Pimentel, D., Houser, J., Preiss, E., White, O., Fang, H., Mesnick, L., Barsky, T., Tariche, S., Schreck, J., y Alpert, S. (1997). Water literacy: the science and politics of water. *BioScience*, 47(2), 97-106. <https://doi.org/10.2307/1313020>
- Presidencia de la República de Colombia. (1974, 18 de diciembre). Decreto-Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Diario Oficial No. 34.243.
- Presidencia de la República de Colombia. (1994, 3 de agosto). Decreto 1743 de 1994. Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal. Diario Oficial No. 41.476.
- Presidencia de la República de Colombia. (2015, 26 de mayo). Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial No. 49.523.

- Rodríguez, M. L. (2019). *Estrategias pedagógicas y comunitarias en la recuperación de la quebrada El Amarillo, municipio de Anolaima, Cundinamarca* [Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Institucional UniCundinamarca.
- Rodríguez Becerra, M. (2023). *La Constitución Verde de 1991: balance de tres décadas de política ambiental en Colombia*. Foro Nacional Ambiental.
- Rogers, P., y Hall, A. W. (2003). *Effective water governance* (TEC Background Papers No. 7). Global Water Partnership.
- Roldán Pérez, G., y Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2.^a ed.). Editorial Universidad de Antioquia.
- Roldán Pérez, G., Ramírez Restrepo, J. J., y Posada García-Peña, J. A. (2012). Estado del arte de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en Colombia. *Actualidades Biológicas*, 34(96), 19-35.
- Sauvé, L. (2005). L'environnement comme «milieu de vie»: vers une éducation à l'éco-citoyenneté. *Nouvelles pratiques sociales*, 18(1), 12-25.
<https://doi.org/10.7202/011478ar>
- Society for Ecological Restoration International. (2004). *Principios de SER International sobre la restauración ecológica*. SER International.
- Suárez-Alonso, M. L., Vidal-Abarca, M. R., Sánchez-Montoya, M. M., y Gómez, R. (2017). La gestión y restauración de ríos y arroyos urbanos: Oportunidades y retos. *Ecosistemas*, 26(1), 1-3.
- Universidad de La Salle. (2014). *Estudio de vocación turística de los municipios de la provincia del Tequendama*. Universidad de La Salle.

UNESCO-PNUMA. (1977). *Declaración de la Conferencia Intergubernamental de Tbilisi sobre Educación Ambiental*. UNESCO.

Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., y Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1), 130-137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>

Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., y Morgan, R. P. (2005). Urban stormwater runoff: a new class of environmental flow problem. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3(7), 351-361. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2005\)003\[0351:USRAMC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2005)003[0351:USRAMC]2.0.CO;2)

Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., MacDonnell, L., Merritt, D. M., Palmer, M. A., Poff, N. L., y Tarboton, D. (2005). River restoration. *Water Resources Research*, 41(10), W10301. <https://doi.org/10.1029/2005WR003985>

Apéndice A

Matriz de Análisis Documental

Instrumento principal de la Fase 2 (Descriptiva) del modelo de Hoyos Botero (2000). Tabla sistematizada con las siguientes columnas: número de registro, tipo de documento (norma, informe técnico, artículo científico, plan, sentencia, prensa), título, autor o entidad emisora, año, ubicación o fuente de acceso, categoría analítica asignada, hallazgo relevante para la investigación, cita textual significativa (si aplica) y observaciones. Esta matriz constituyó la columna vertebral del trabajo y fue el insumo directo para las fases analítica e interpretativa. Se entrega como archivo digital complementario en formato Excel.

Link drive documento matriz corpus documental:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IltK5mVVxeaMXUczhDv-h56Sk3CDmIV5/edit?usp=drive_link&ouid=115623174614675002235&rtpof=true&sd=true

Tabla 12

Síntesis del proceso de selección y conformación del corpus documental

Etapas del proceso	Cantidad	Criterio aplicado	Resultado
Documentos identificados en el corpus formal	42	Pertinencia y trazabilidad documental	42 registros incorporados a la matriz
Documentos revisados	42	Lectura y revisión del contenido relevante	42 documentos leídos
Documentos excluidos durante la búsqueda exploratoria	No cuantificado	Sin respaldo institucional, académico o científico verificable; falta de pertinencia	Descartados antes de conformar el corpus, sin conteo retrospectivo

Documentos incluidos	42	Cumplimiento de los criterios de inclusión	Corpus documental definitivo
-----------------------------	----	--	------------------------------

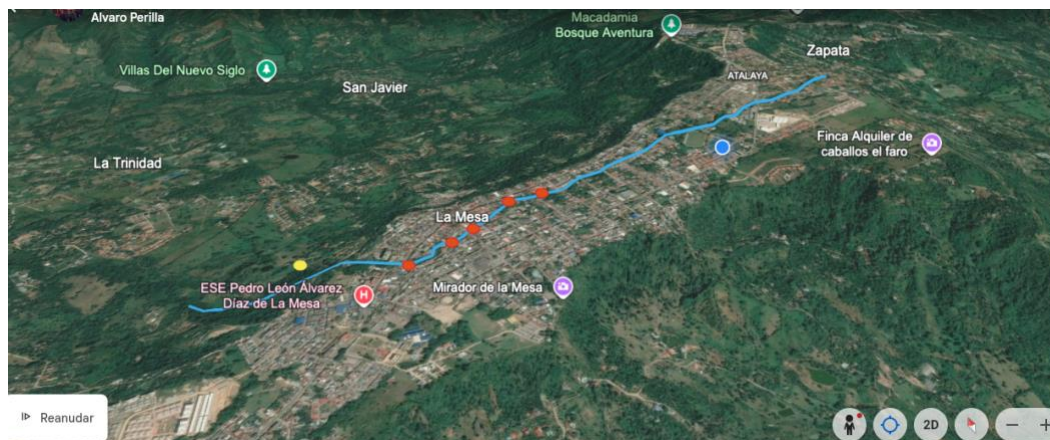
Apéndice B

Ficha de Reconocimiento Territorial Complementario

Registro fotográfico georreferenciado del recorrido de observación no participante realizado sobre el corredor urbano de la quebrada La Carbonera. El levantamiento se efectuó en cinco puntos de observación localizados entre la calle 8 y la calle 6 del casco urbano de La Mesa, en sentido aguas abajo, con registro de fecha, hora, dirección urbana de referencia y coordenadas mediante la aplicación GPS Map Camera (los datos de localización aparecen incrustados en cada fotografía). Las Figuras 1 a 10 presentan el registro completo. Este material cumple función estrictamente descriptiva y de contraste con la información secundaria; no constituye instrumento de recolección de datos primarios.

Figura 1

Mapa georreferenciado del recorrido de observación no participante sobre la quebrada La Carbonera, La Mesa, Cundinamarca.

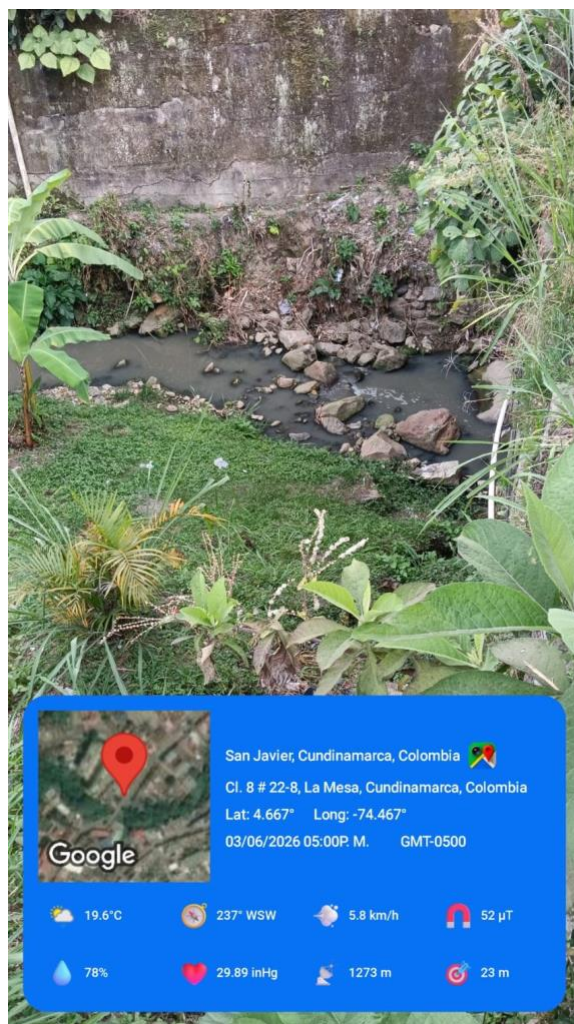


Nota. La línea azul traza el recorrido completo de la quebrada La Carbonera desde su nacimiento en el barrio Pajonales y parte del recorrido de la PTAR. Los puntos rojos (●) indican los cinco puntos de registro fotográfico, numerados en sentido aguas abajo (norte-sur). El punto amarillo (●) señala la ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) operada por la Empresa Regional Aguas del Tequendama (ERAT). Elaboración propia sobre captura satelital de Google Earth (2026).

Los cinco puntos de observación, ordenados en sentido aguas abajo, fueron: punto 1, calle 8 n.º 22-8 (5:00 p. m.); punto 2, carrera 21 n.º 5-32 (5:08 p. m.); punto 3, calle 6 n.º 21-69 (5:11 p. m.); punto 4, calle 6 n.º 21-03 (5:25 p. m.); y punto 5, calle 6 n.º 19-7 (5:30 p. m.). Las condiciones meteorológicas durante el recorrido registraron temperatura entre 18,5 y 19,6 °C y humedad relativa entre 78 % y 83 %.

Figura 2

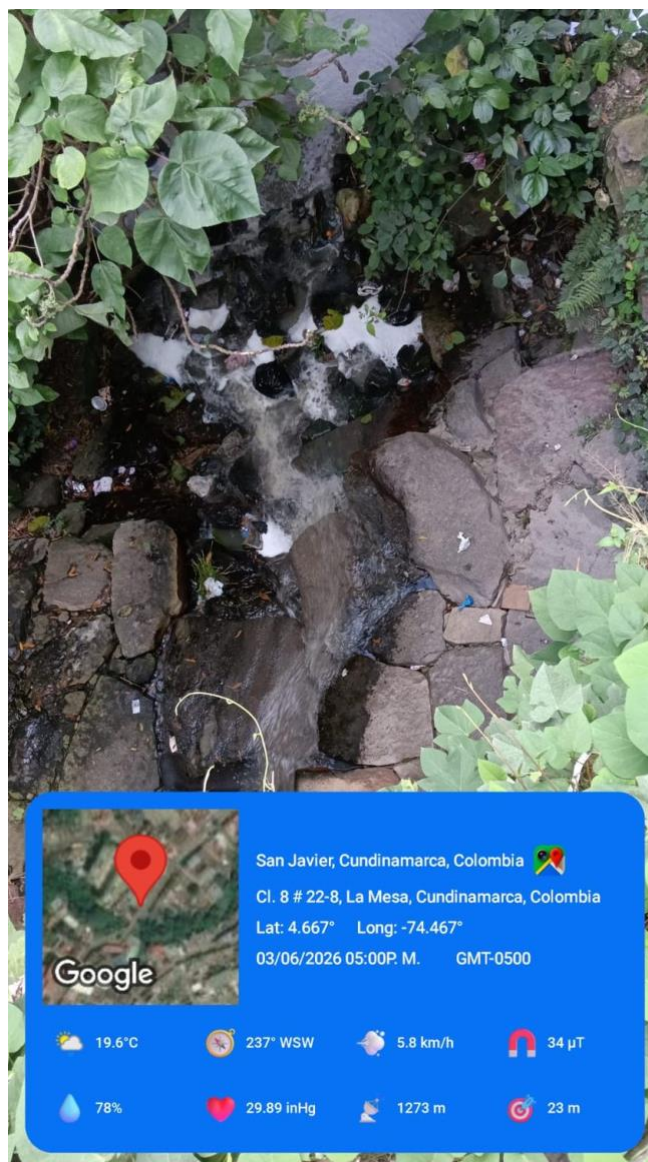
Punto 1. Aguas grisáceas y muro de contención en el sector de la calle 8



Nota. Registro fotográfico, sector calle 8 n.º 22-8. Se observa coloración grisácea del caudal y presencia de residuos dispersos sobre el talud. La observación se registra como evidencia descriptiva; la atribución de posibles fuentes de contaminación se sustenta en las fuentes documentales analizadas. Elaboración propia.

Figura 3

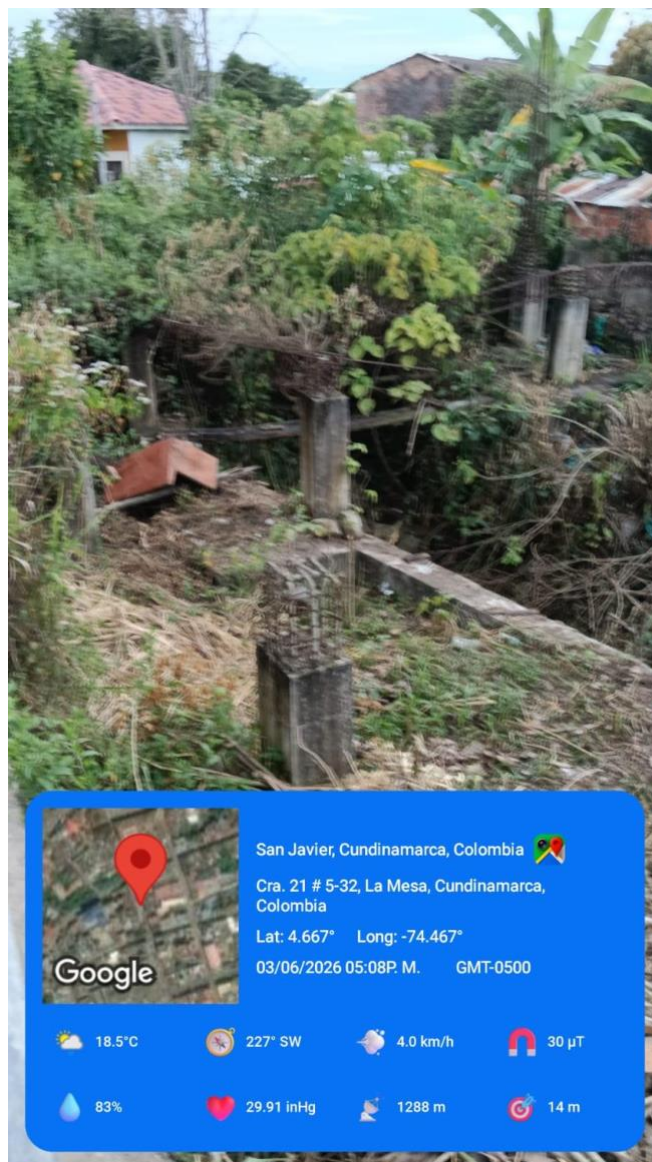
Punto 1. Espuma superficial y residuos sólidos en el cauce



Nota. Registro fotográfico, sector calle 8 n.º 22-8. Se observa espuma superficial y bolsas y plásticos retenidos entre las rocas del lecho. Estas características se registran descriptivamente y no permiten por sí solas identificar sustancias específicas ni establecer la causa del fenómeno. Elaboración propia.

Figura 4

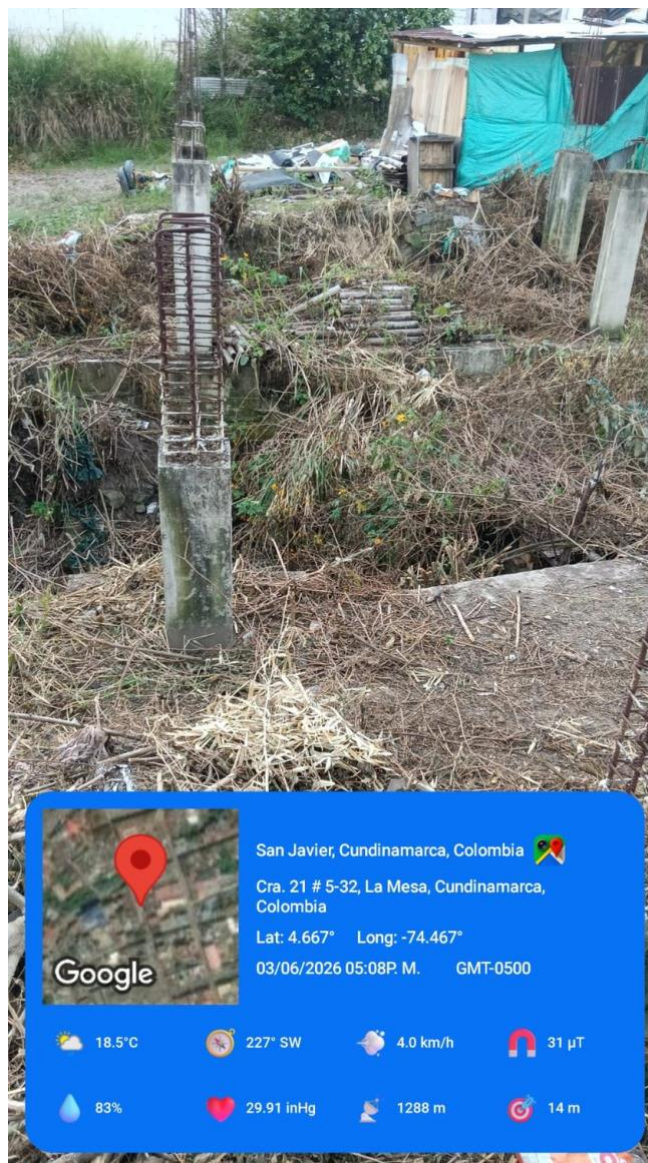
Punto 2. Estructura en abandono sobre la franja de protección, carrera 21



Nota. Registro fotográfico, sector carrera 21 n.º 5-32. Se aprecia una edificación inconclusa en inmediaciones del cauce, con vegetación seca y material vegetal dispuesto sobre la ronda hidráulica. Elaboración propia.

Figura 5

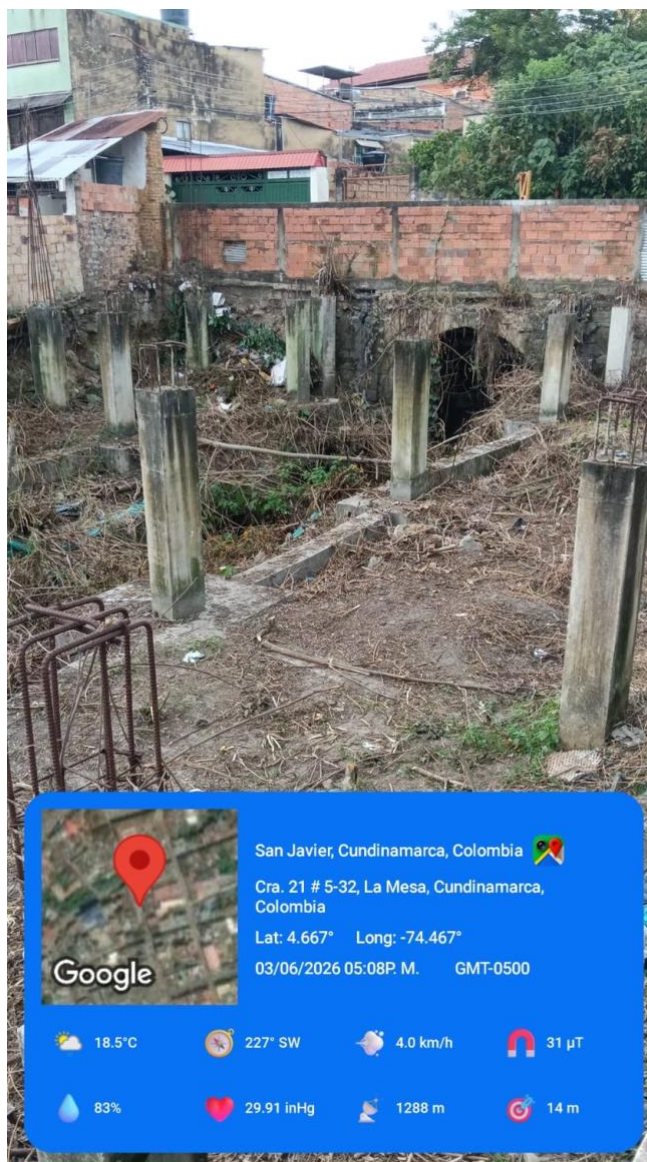
Punto 2. Columnas con acero expuesto y escombros en la ronda hidráulica



Nota. Registro fotográfico, sector carrera 21 n.º 5-32. La obra civil abandonada presenta refuerzos metálicos a la intemperie y acumulación de escombros y residuos de construcción en el entorno inmediato del cauce. Elaboración propia.

Figura 6

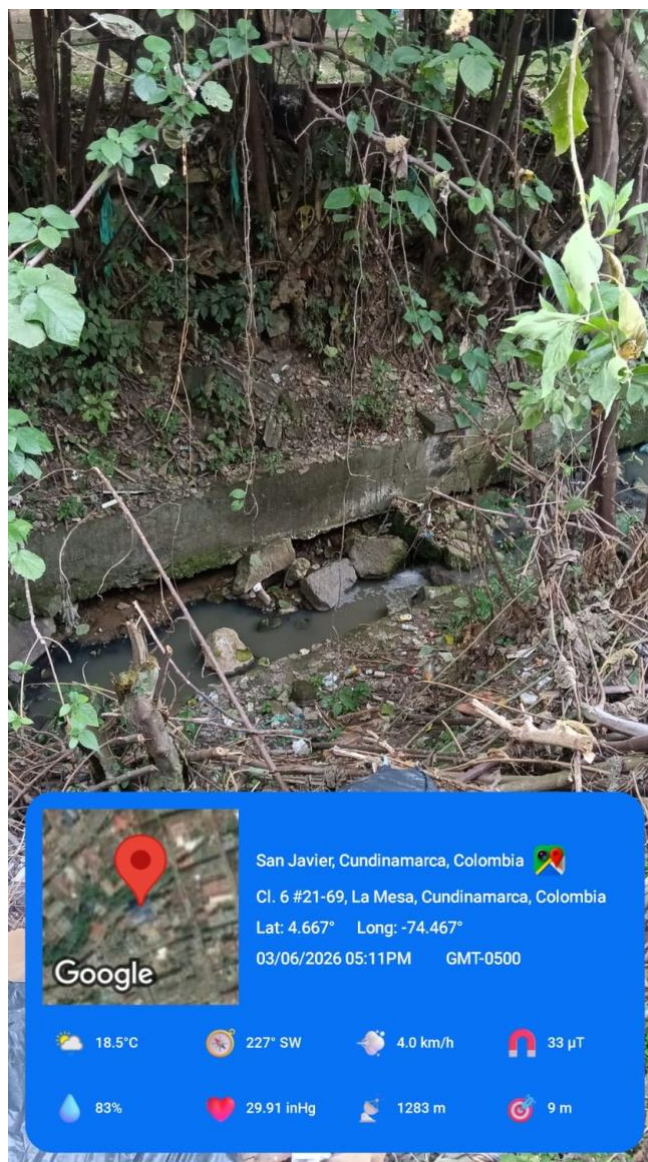
Punto 2. Obra inconclusa y estructura de paso sobre el cauce



Nota. Registro fotográfico, sector carrera 21 n.º 5-32. Al fondo se identifica la estructura de paso (box culvert) por la que la quebrada cruza bajo la zona construida; el predio circundante evidencia ocupación de la franja de protección. Elaboración propia.

Figura 7

Punto 3. Cauce con muro de contención y residuos dispersos, calle 6



Nota. Registro fotográfico, sector calle 6 n.º 21-69. El flujo de tonalidad grisácea discurre junto a un muro de contención; sobre el talud opuesto se observan residuos plásticos y material vegetal intervenido. Elaboración propia.

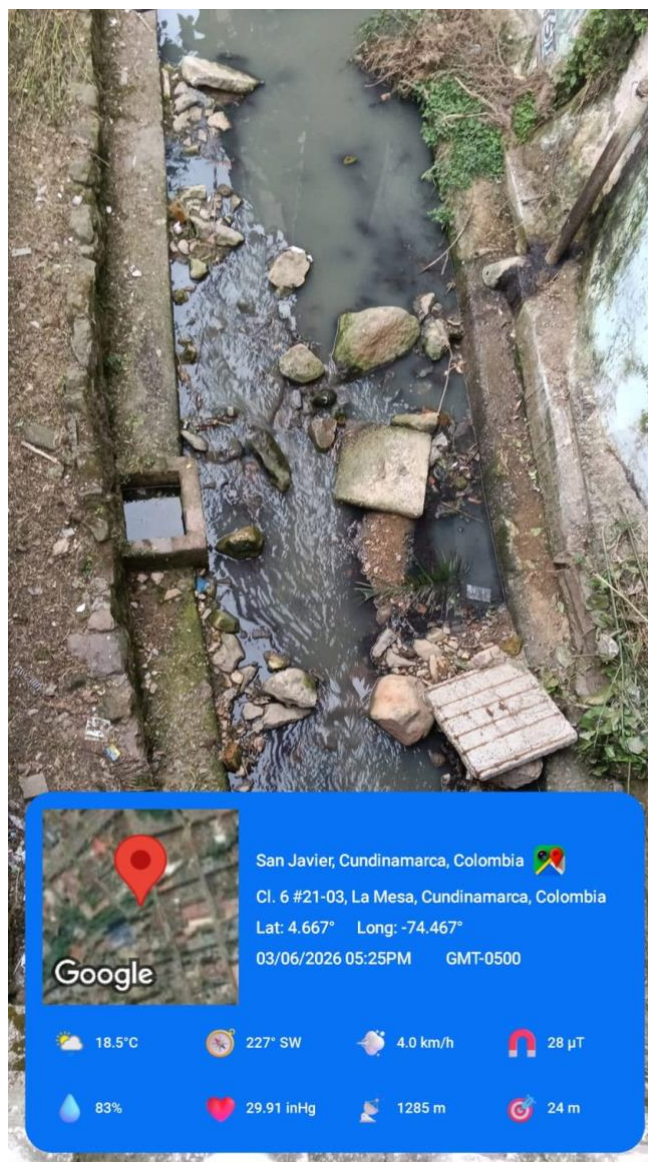
Figura 8
Punto 3. Talud con residuos y vegetación intervenida



Nota. Registro fotográfico, sector calle 6 n.º 21-69. Se evidencia disposición irregular de residuos sólidos sobre la margen de la quebrada y pérdida de la cobertura riparia original. Elaboración propia.

Figura 9

Punto 4. Tramo canalizado con aguas grisáceas y sedimentos



Nota. Registro fotográfico, sector calle 6 n.º 21-03. El tramo revestido muestra estancamiento parcial, coloración gris verdosa del agua y acumulación de sedimentos y residuos menores entre las rocas. Elaboración propia.

Figura 10

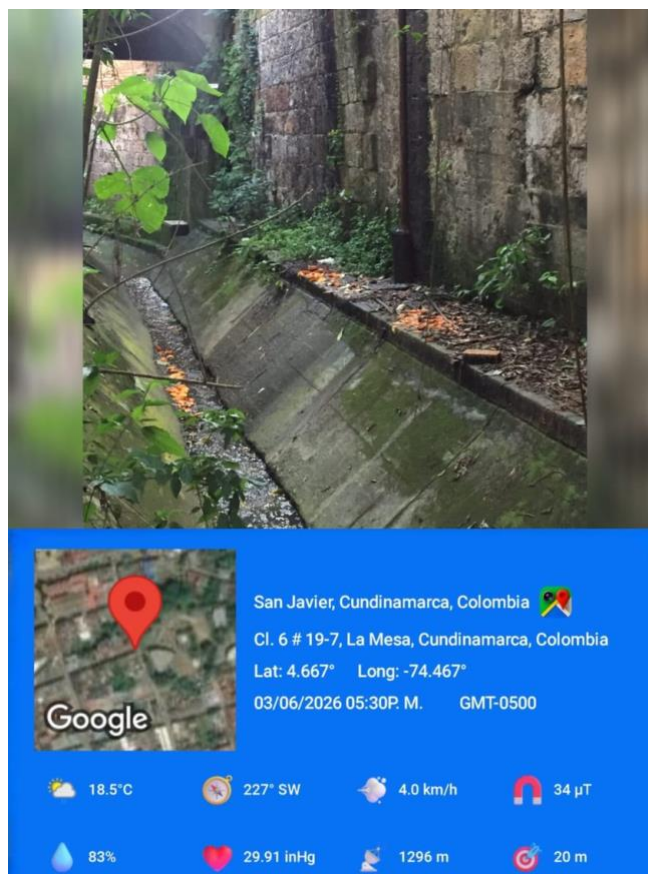
Punto 4. Cauce confinado entre edificaciones



Nota. Registro fotográfico, sector calle 6 n.º 21-03. La quebrada discurre encajonada entre construcciones que llegan hasta el borde del canal, lo que ilustra la ocupación de la ronda hidráulica en el tramo central del casco urbano. Elaboración propia.

Figura 11

Punto 5. Canal trapezoidal revestido en piedra, calle 6 con carrera 19



Nota. Registro fotográfico, sector calle 6 n.º 19-7. Tramo canalizado en mampostería de piedra con flujo de bajo caudal; la sección evidencia la intervención histórica del cauce a su paso por el sector céntrico y residuos orgánicos Elaboración propia.

Apéndice C

Listado de Fuentes Documentales por Categoría Analítica

Inventario inicial de fuentes a rastrear durante la Fase 2, organizado por las cinco categorías de análisis.

Categoría 1. Estado Ambiental

Informes de calidad hídrica de la cuenca del río Apulo (CAR), reportes ICA del IDEAM, informes de seguimiento de la PTAR municipal y y el Plan Estratégico de la Empresa Regional Aguas del Tequendama.

Categoría 2. Gestión Institucional

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Bogotá, Plan de Gestión Ambiental Regional de la CAR, Plan de Ordenamiento Territorial de La Mesa, Plan de Desarrollo Municipal, actas de mesas técnicas y comunicados de prensa institucional.

Categoría 3. Experiencias Comparables

Literatura científica indexada en Scopus, Web of Science, Redalyc, SciELO y Google Scholar sobre recuperación de quebradas urbanas en Colombia (Bogotá, Medellín, Manizales, Cali) y América Latina.

Categoría 4. Marco Normativo

Constitución Política de Colombia de 1991 (arts. 79 y 80), Ley 99 de 1993, Ley 115 de 1994, Decreto-Ley 2811 de 1974, Decreto 1743 de 1994, Decreto 1076 de 2015, Resolución 0631 de 2015 y sentencia río Bogotá del Consejo de Estado de 2014.

Categoría 5. Educación Ambiental

Política Nacional de Educación Ambiental (Ministerio de Educación Nacional y MADS, 2002), Declaración de Tbilisi (UNESCO-PNUMA, 1977), corrientes de Sauvé (2005) y bibliografía sobre PRAE en cuencas hidrográficas.

Nota. Adaptado del Mapa de división político-administrativa urbana del municipio de La Mesa (escala 1:7.000, origen nacional CTM-12), por Alcaldía Municipal de La Mesa, Planeación Municipal, Sistema de Información Geográfica, 2022, con base en la cartografía catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2018). Los cinco puntos de registro fotográfico del Apéndice B se localizan sobre el corredor de la quebrada entre la calle 8 y la calle 6 del casco urbano.