

**Diseño de estrategias para la gestión socioambiental del recurso hídrico en la
cuenca alta del Río Aurra municipio de Sopetrán, frente a los impactos del turismo
sobre la calidad del agua en el occidente antioqueño.**



MARÍA ALEJANDRA

BEDOYA MUÑOZ DIEGO

MAURICIO VANEGAS

ROMERO

**Universidad Santo Tomás
Facultad de Ciencias Ambientales**

Maestría en Gestión de Cuencas Hidrográficas

Directora de trabajo de grado

**Yenny Constanza Román
Núñez.
Doctora Estudios Territoriales
Julio 2025**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
ABSTRACT	8
Lista de abreviaturas y siglas.....	10
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3. JUSTIFICACIÓN	23
4. OBJETIVOS	25
4.1. Objetivo general.....	25
4.2. Objetivos específicos.....	25
5. MARCO REFERENCIAL	26
5.1. Marco contextual.....	26
5.2. Marco antecedentes	27
5.3. Marco conceptual	34
5.4. Marco Legal	39
5.5. Marco Teórico	42
6. MÉTODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN	45
6.1. Diseño y alcance de los instrumentos.....	45
6.2. Diseño y alcance	46
6.2.1. Investigación Cuantitativa	46
6.2.2. Muestreo.....	46
6.2.3. Lugar de muestreo	47
6.2.4. Análisis de Muestras	48
6.3. Enfoque	49
6.4. Tipo	50
6.4.1. Tipo exploratorio.....	50
6.4.2. Tipo descriptivo.....	50
6.4.3. Tipo explicativo.....	51
6.5. Población y muestra	51
6.5.1. Diseño de investigación Cualitativo.....	51
6.6. Herramientas y procedimientos	52
6.6.1. Herramientas cualitativas:	53
6.7. Análisis de datos.	55

6.8.	Hipótesis y variables:	55
6.9.	Variables	56
7.	RESULTADOS OBTENIDOS	57
7.1.	Integración metodológica y generación de estrategias	57
7.2.	Primer objetivo: Determinar los impactos sociales y ambientales en la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán derivada de las prácticas turísticas, mediante la observación en campo y aplicación de entrevistas.	58
7.2.1.	Calidad del agua	59
7.2.2.	Turismo	65
7.2.3.	Vertimientos	70
7.3.	Segundo objetivo: Caracterizar el estado de la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, con base en las mediciones realizadas en puntos críticos asociados al impacto de la actividad turística.	72
7.3.1.	Análisis de la calidad del agua	73
7.3.2.	Análisis del vertimiento	78
7.3.3.	Análisis de las respuestas de la encuesta de percepción	79
7.3.4.	Análisis de los resultados de la encuesta de percepción en relación con los resultados de calidad y demanda del recurso hídrico.	90
	-Abordaje de puntos críticos de vertimiento	97
7.4.	Tercer objetivo: Diseñar estrategias ambientales, sociales y educativas para la gestión del recurso hídrico en Sopetrán, orientadas a la reducción de los impactos derivados del turismo y el fortalecimiento de la gobernanza del recurso hídrico	100
7.4.1.	Estrategias propuestas:	100
7.4.2.	Estrategia 1. Implementación de un proyecto de educación ambiental en las escuelas de la zona orientado al ahorro del agua y manejo de residuos sólidos.	106
7.4.3.	Estrategia 2. Implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para las cabeceras municipales de la zona de influencia del Río Aurra.	112
7.4.4.	Estrategia 3 Instalación de sistemas de saneamiento individual en las zonas rurales que disminuyan la carga contaminante sin previo tratamiento. ...	115
7.4.5.	Estrategia 4 "Turismo Responsable por el Agua: PROCEDA Sopetrán".	117
	Análisis de viabilidad técnica y económica	120
7.4.6.	Pertinencia de las propuestas de solución	123
8.	CONCLUSIONES	127
	REFERENCIAS	131
	ANEXOS	147

Lista de Tablas

1. Tabla 1. Marco legal para la gestión del recurso hídrico	38
2. Tabla 2. Herramientas para la investigación	56
3. Tabla 3. Análisis de parámetros	63
4. Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua en el punto LIMR33.(2024).....	61
5. Tabla 5. Infraestructura y presión turística en Sopetrán (2021–2024).....	68
6. Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.....	76
7. Tabla 7. Calidad del agua en tramos con influencia turística (P2–P3), 2021–2024	91
8. Tabla 8. Estrategias para la gestión del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán	100
9. Tabla 9. Recursos necesarios para el PRAE por año	107
10. Tabla 10. Actividades 1 estrategia.....	108
11. Tabla 11. Actividades Estrategia 2	113
12. Tabla 12. Actividades Estrategias 3.....	115
13. Tabla 13. Actividades Estrategia 4	117
14. Tabla 14. Tiempo de estrategias	120
15. Tabla 15. Criterios de evaluación	122
16. Tabla 16. Evaluación de propuestas	124
17. Tabla 17. Evaluación de cada propuesta de proyecto	125

Índice de figuras

18. Figura 1. Recorrido de la cuenca hídrica del río Aurra	11
19. Figura 2. Mapa del municipio de Sopetrán, Antioquia	28
20. Figura 3. Puntos de muestreo	62
21. Figura 4. Índice de calidad de agua en la fuente Piragua – Cód. LIMR33 (Sopetrán)	62
22. Figura 5. Actividad turística en el parque principal del municipio	65
23. Figura 6. Registro fotográfico generación de residuos y vertimientos	66
24. Figura 7. Marcha ciudadana en Sopetrán por problemas de abastecimiento de agua.....	69
25. Figura 8. Registro fotográfico de vertimientos	70
26. Figura 9. Registro fotográfico de vertimientos	73
27. Figura 10. Recolección de muestra de agua en el Río Aurra, sector Los Almendros, municipio de Sopetrán.....	76
28. Figura 11. Procesamiento de muestras de laboratorio.....	75
29. Figura 12. Encuestas realizadas	79
30. Figura 13. Organismo al que pertenece	80
31. Figura 14. Desborde de actividad turística	81
32. Figura 15. Principal afectación ambiental.....	82
33. Figura 16. Impacto del turismo en los recursos naturales	83
34. Figura 17. Impacto del turismo en la región.....	84
35. Figura 18. Tiempo de subsistencia en la zona	85
36. Figura 19. Aumento o disminución del turismo.....	86
37. Figura 20. Dinámica socioeconómica del turismo.....	87
38. Figura 21. Prestadores con RNT activos por año, Sopetrán (2005–2025)	88
39. Figura 22. Actividades que afectan la calidad del recurso	90
40. Figura 23. Flujo del recurso hídrico.....	92
41. Figura 24. Flujo del recurso hídrico.....	93
42. Figura 25. Percepción del impacto del turismo en la calidad del recurso hídrico en los últimos 10 años	93
43. Figura 26. Deterioro del recurso hídrico.....	94

RESUMEN

La cuenca del río Aurra se localiza en el departamento de Antioquia en Colombia, en la subregión Occidental, con altitudes que van entre los 1.800 y 2.200 m.s.n.m en su zona alta. Su extensión abarca principalmente el municipio de Sopetrán y se encuentra bajo la jurisdicción de la Dirección Territorial Hevexicos de CORANTIOQUIA. El río Aurra, afluente del río Chico —que desemboca en el río Cauca—, presenta una alta relevancia ambiental debido a su riqueza hídrica, biodiversidad y de otro lado, a las crecientes presiones antrópicas derivadas posiblemente del turismo y del cambio en el uso del suelo, ya que la expansión del turismo y los procesos de urbanización están generando una presión significativa sobre los recursos hídricos del área de estudio.

El objetivo de esta investigación fue diseñar estrategias para la gestión socioambiental del recurso hídrico en la cuenca alta del Río Aurra municipio de Sopetrán, frente a los impactos del turismo sobre la calidad del agua en el occidente antioqueño. Para ello, se adoptó una metodología mixta que combinó herramientas cualitativas y cuantitativas, desde un enfoque socioambiental que incluyó; tanto encuestas a la población, como análisis fisicoquímicos y microbiológicos al agua.

Los resultados clave revelan una dualidad en la percepción de la comunidad y un deterioro alarmante del recurso hídrico. Por un lado, un 83% de los encuestados percibe un impacto socioeconómico positivo del turismo, mientras que por otro, un 78% evalúa el impacto ambiental como regular o muy malo. Esta percepción se confirma con datos técnicos: entre 2021 y 2024, los niveles de *Escherichia coli* aumentaron de 25,75 a 60.200 NMP/100 ml, lo que evidencia una contaminación fecal grave. Además, el oxígeno disuelto disminuyó de 7,38 a 5,61 mg/L, y la

demanda química de oxígeno (DQO) aumentó a 79,6 mg/L, indicando una elevada carga orgánica sin tratar.

En conclusión, la falta de una planificación adecuada del turismo y la gestión de sus impactos, ha generado conflictos socioambientales que afectan negativamente el acceso y la calidad del agua, a pesar de sus beneficios económicos percibidos por la comunidad. No obstante, las estrategias propuestas en esta investigación buscan un desarrollo turístico sostenible que equilibre el crecimiento económico con la conservación de los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Aurra en el municipio de Sopetrán.

El presente trabajo de grado propone un conjunto de estrategias integrales para la gestión del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, orientadas a equilibrar la conservación ambiental con el desarrollo territorial. Estas incluyen estrategias pedagógicas, centradas en la educación ambiental, la formación ciudadana y la sensibilización comunitaria mediante Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y PROCEDA, con énfasis en el uso responsable del agua y la protección de los ecosistemas acuáticos; estrategias de saneamiento básico, que buscan mejorar las condiciones de salubridad mediante el tratamiento de vertimientos domésticos, la instalación de sistemas sépticos y la ampliación de cobertura de servicios públicos; y estrategias de turismo responsable, orientadas a regular la actividad turística mediante buenas prácticas ambientales y la promoción de un modelo sostenible que vincule a operadores turísticos y comunidades en la conservación del recurso hídrico.

Palabras clave: Recurso hídrico, calidad del agua, turismo sostenible, cuencas hidrográficas, disponibilidad hídrica, estrategias socioambientales.¹

¹ En la elaboración de este trabajo se utilizó la herramienta de IA únicamente como apoyo en la redacción y organización

de ideas, siendo los autores responsables de la validación, análisis y contenido final del documento

ABSTRACT

The Aurra River basin is located in the department of Antioquia in Colombia, in the western subregion, with altitudes ranging from 1,800 to 2,200 meters above sea level in its upper reaches. It mainly covers the municipality of Sopetrán and falls under the jurisdiction of CORANTIOQUIA's Hevexicos Territorial Directorate. The Aurra River, a tributary of the Chico River—which flows into the Cauca River—is of great environmental importance due to its water resources and biodiversity. On the other hand, the growing anthropogenic pressures possibly derived from tourism and changes in land use, as the expansion of tourism and urbanization processes are generating significant pressure on the water resources of the study area.

The objective of this research was to design management strategies to mitigate the impacts on water quality in the upper Aurra River basin in the municipality of Sopetrán. To this end, a mixed methodology was adopted that combined qualitative and quantitative tools from a technical and social perspective, including both population surveys and physicochemical and microbiological analyses of the water.

The key findings reveal a duality in the community's perception and an alarming deterioration of water resources. On the one hand, 83% of respondents perceive a positive socioeconomic impact from tourism, while on the other, 78% rate the environmental impact as fair or very poor. This perception is confirmed by technical data: between 2021 and 2024, *Escherichia coli* levels increased from 25.75 to 60,200 NMP/100 ml, indicating severe fecal contamination. In addition, dissolved oxygen decreased from 7.38 to 5.61 mg/L, and chemical oxygen demand (COD) increased to 79.6 mg/L, indicating a high untreated organic load.

In conclusion, the lack of adequate tourism planning and management of its impacts has

generated socio-environmental conflicts that negatively affect water access and quality, despite the economic benefits perceived by the community. However, th

e strategies proposed in this research seek sustainable tourism development that balances economic growth with the conservation of aquatic ecosystems in the Aurra River basin in the municipality of Sopetrán.

This thesis proposes a set of comprehensive strategies for water resource management in the municipality of Sopetrán, aimed at balancing environmental conservation with territorial development. These include educational strategies focused on environmental education, citizen training, and community awareness through School Environmental Projects (PRAE) and PROCEDA, with an emphasis on responsible water use and the protection of aquatic ecosystems; basic sanitation strategies, which seek to improve health conditions through the treatment of domestic waste, the installation of septic systems, and the expansion of public service coverage; and responsible tourism strategies, aimed at regulating tourism activity through good environmental practices and the promotion of a sustainable model that links tour operators and communities in the conservation of water resources.

Keywords: Water resources, water quality, sustainable tourism, hydrographical basins, water availability, environmental strategies.

Lista de abreviaturas y siglas

DBO – Demanda bioquímica de oxígeno

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DQO – Demanda química de oxígeno

GIRH – Gestión integrada del recurso hídrico

ICA – Índice de calidad del agua

IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

LIMR33- Código de estación de monitoreo de calidad de agua utilizado por Corantioquia en el río Aurra

M.S.N.M. – Metros sobre el nivel del mar

NMP – Número más probable

NTU–Nephelometric Turbidity Units/Unidades Nefelométricas de Turbidez

ODC – Observatorio de Dinámicas de la Cuenca

ODS – Objetivos de desarrollo sostenible

OMS – Organización Mundial de la Salud

ONU – Organización de las Naciones Unidas

POT – Plan de Ordenamiento Territorial

PRAE – Proyectos Ambientales Escolares

PROCEDA – Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental

PTAR – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

SOPQ10- Código de estación de monitoreo de calidad de agua ubicada en jurisdicción del municipio de Sopetrán

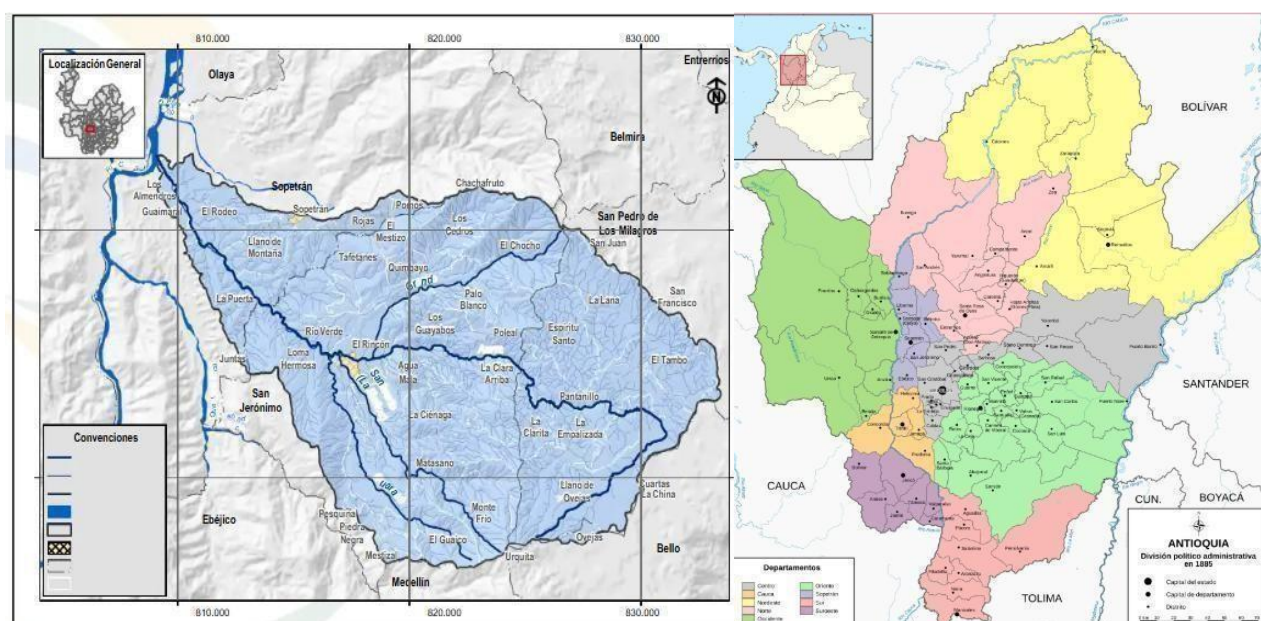
UPC- Unidades Platino-Cobalto.

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Sopetrán se localiza en la subregión del Occidente antioqueño, dentro del departamento de Antioquia (Figura 1). Este municipio posee una relevancia estratégica dentro del sistema hídrico de la cuenca del Río Aurra, un recurso vital para el desarrollo de la región. La cuenca abarca una extensión de 240,75 km² y culmina en jurisdicción sopetranense, específicamente en la vereda Los Almendros, donde el río Aurra vierte sus aguas al río Cauca a una altitud de 444,4 m s. n. m. La posición geográfica del municipio, sumada a su riqueza natural, ha adquirido mayor importancia económica y social debido a su conexión directa con Medellín a través del Túnel de Occidente, lo que ha incrementado la presión sobre sus fuentes hídricas (Corantioquia, 2022).

Figura 1.

Recorrido de la cuenca hídrica del río Aurra.



Nota. Elaboración propia con información de CORANTIOQUIA (2022). Proyección: Magna

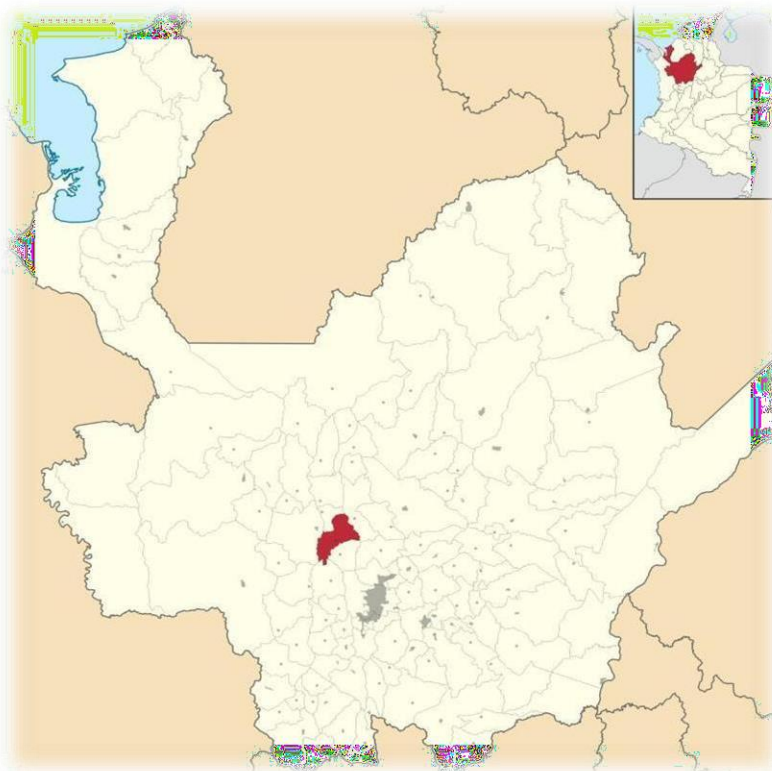
SIRGAS

La cuenca abarca parcialmente los municipios de San Pedro de los Milagros, Entreríos, Belmira, Sopetrán, San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, entre otros.

El estudio se concentra en la cuenca alta, específicamente en el municipio de Sopetrán,(Figura 2). Donde se ubican los nacimientos y las zonas de mayor presión turística sobre el recurso hídrico.

Figura 2.

Mapa del municipio de Sopetrán, Antioquia.



Nota. Adaptado de Colombia – Antioquia – Sopetrán [Mapa], por Shadowxfox, 2010, Wikipedia. https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_-_Antioquia-_Sopetr%C3%A1n.svg

El sistema hídrico del municipio de Sopetrán se compone principalmente del río Aurra y sus afluentes, que constituyen la base del recurso disponible para el abastecimiento doméstico, el riego agrícola, las actividades turísticas y otros usos productivos. La caracterización de este sistema requiere analizar el caudal, la distribución de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como los diferentes usos asignados a cada fuente (IDEAM, 2015). Esta información resulta fundamental para comprender la dinámica hídrica y las presiones ejercidas sobre el recurso a nivel local.

Los cuerpos de agua en Sopetrán cumplen funciones esenciales para diversos usos, entre ellos la producción agrícola, la acuicultura y el abastecimiento doméstico. Aunque su población representa el 10,7 % del total de habitantes dentro de la cuenca, su localización en la parte baja del río lo convierte en un punto estratégico para el seguimiento y manejo del recurso hídrico, especialmente ante el incremento en la demanda de agua dulce. El caudal del río Aurra, con valores que oscilan entre 0,16 y 6,58 metros cúbicos por segundo, constituye un factor determinante en la planificación del desarrollo sostenible del municipio (Corantioquia, 2022).

La función que desempeña Sopetrán dentro de la cuenca pone de manifiesto la necesidad de establecer procesos de planificación ambiental y territorial que permitan equilibrar el crecimiento poblacional con la protección de los ecosistemas locales, en un contexto de transformación asociado a nuevas obras de infraestructura vial que modifican de manera significativa las dinámicas del entorno.

La calidad del agua en la cuenca alta del río Aurra se evaluó a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos, indicadores que permiten determinar su aptitud para distintos fines de uso. Entre los parámetros físico-químicos se destacan la temperatura, el pH, la conductividad, la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) y la demanda química de oxígeno (DQO). En

cuanto a los análisis microbiológicos, se consideró la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, los cuales representan un riesgo directo para la salud pública (Resolución 2115 de 2007; Decreto 1594 de 1984). La integración de estos parámetros posibilita establecer el estado actual del recurso hídrico y su vulnerabilidad frente a las actividades antrópicas, en especial el turismo y las parcelaciones en expansión.

El análisis de los datos más recientes indicó que el crecimiento del turismo, junto con actividades como la agricultura y las descargas de aguas residuales e industriales, ha generado efectos adversos sobre la calidad del agua del río Aurra en Sopetrán (Corantioquia, 2016). Las evaluaciones realizadas en estaciones de monitoreo como LIMR33 y SOPQ10 evidencian un deterioro en diversos indicadores de calidad, tanto físicoquímicos como microbiológicos, durante el periodo comprendido entre 2021 y 2024. Entre los principales resultados se destaca la reducción del caudal, posiblemente asociada a extracciones de agua no controladas y a variaciones en las condiciones climáticas. Asimismo, el aumento en la conductividad sugiere la presencia de descargas contaminantes sin regulación y una mayor concentración de sales disueltas, atribuible a procesos de evaporación o a la disminución en la capacidad de dilución.

Los resultados de monitoreo evidencian un incremento significativo en las bacterias indicadoras de contaminación fecal, como los coliformes totales y *Escherichia coli*. En 2021, los niveles de *E. coli* fueron de 25,75 NMP/100 mL, mientras que en 2024 alcanzaron 60.200 NMP/100 mL, valores que superan ampliamente los límites establecidos para agua de consumo humano en la Resolución 2115 de 2007, la cual establece un valor máximo permisible de 0 NMP/100 mL (Ministerio de la Protección Social, 2007). Estas condiciones representan un riesgo tanto para la calidad del agua como para la salud pública, en concordancia con lo señalado en el Decreto 1594 de 1984 respecto a los usos del recurso hídrico (Ministerio de Salud, 1984).

Este deterioro también se refleja en los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, presentados en la Tabla 5. Entre ellos, la turbidez alcanzó valores de 510 NTU en tramos ubicados aguas abajo y el color superó los 100 UPC, cifras que exceden los límites establecidos para agua destinada al consumo humano, fijados en 5 NTU para turbidez y 15 UPC para color aparente (Ministerio de la Protección Social, 2007).

Adicionalmente, se registró un aumento en la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), indicadores que evidencian una mayor carga de materia biodegradable y sustancias químicas en el río, lo que refleja presiones antrópicas sobre el recurso.

El turismo en Sopetrán ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas, impulsado por la apertura del Túnel de Occidente y el desarrollo de parcelaciones rurales. Este fenómeno ha incrementado la presión sobre los cuerpos de agua debido a un mayor consumo y generación de aguas residuales (Corantioquia, 2016). A ello se suma el crecimiento urbano desorganizado, que entre los años 2000 y 2018 registró un aumento del 183 % en la expansión de la mancha urbana (Universidad Nacional de Colombia [UNAL], 2023), junto con el incremento en la aprobación de licencias de construcción (El Colombiano, 2023).

En materia de vertimientos, se han identificado descargas directas provenientes de áreas turísticas como balnearios y parcelaciones. En la quebrada La Cañada de Oro se han reportado vertimientos sin tratamiento previo, intensificando la presión sobre el ecosistema acuático local. Los análisis de laboratorio en zonas aguas abajo del río Aurra confirman esta situación, con un pH de 5,90, una demanda química de oxígeno (DQO) de 79,6 mg/L y concentraciones microbiológicas de 125.600 NMP/100 mL, valores que exceden los límites máximos

establecidos en la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Las encuestas de percepción (véase Anexo 2) aplicadas a distintos actores locales —entre ellos la comunidad, el sector público y el sector privado— evidencian que el turismo se percibe como una actividad en expansión que no ha sido controlada de manera adecuada. El 83 % de los encuestados considera que esta actividad ha generado efectos negativos sobre los recursos naturales, mientras que el 84 % señala haber observado una disminución en el caudal del río Aurra y el 58 % identifica directamente al turismo como la principal causa del deterioro de la calidad del agua (Corantioquia, 2016).

El municipio de Sopetrán se localiza en la subregión del Occidente antioqueño, dentro del departamento de Antioquia (Figura 2). Este municipio posee una relevancia estratégica dentro del sistema hídrico de la cuenca del Río Aurra, un recurso vital para el desarrollo de la región. La cuenca abarca una extensión de 240,75 km² y culmina en jurisdicción sopetranense, específicamente en la vereda Los Almendros, donde el río Aurra vierte sus aguas al río Cauca a una altitud de 444,4 m s. n. m. La posición geográfica del municipio, sumada a su riqueza natural, ha adquirido mayor importancia económica y social debido a su conexión directa con Medellín a través del Túnel de Occidente, lo que ha incrementado la presión sobre sus fuentes hídricas (Corantioquia, 2022).

El sistema hídrico del municipio de Sopetrán se compone principalmente del río Aurra y sus afluentes, que constituyen la base del recurso disponible para el abastecimiento doméstico, el riego agrícola, las actividades turísticas y otros usos productivos. La caracterización de este sistema requiere analizar el caudal, la distribución de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como los diferentes usos asignados a cada fuente (IDEAM, 2015). Esta

información resulta fundamental para comprender la dinámica hídrica y las presiones ejercidas sobre el recurso a nivel local.

Los cuerpos de agua en Sopetrán cumplen funciones esenciales para diversos usos, entre ellos la producción agrícola, la acuicultura y el abastecimiento doméstico. Aunque su población representa el 10,7 % del total de habitantes dentro de la cuenca, su localización en la parte baja del río lo convierte en un punto estratégico para el seguimiento y manejo del recurso hídrico, especialmente ante el incremento en la demanda de agua dulce. El caudal del río Aurra, con valores que oscilan entre 0,16 y 6,58 metros cúbicos por segundo, constituye un factor determinante en la planificación del desarrollo sostenible del municipio (Corantioquia, 2022).

La función que desempeña Sopetrán dentro de la cuenca pone de manifiesto la necesidad de establecer procesos de planificación ambiental y territorial que permitan equilibrar el crecimiento poblacional con la protección de los ecosistemas locales, en un contexto de transformación asociado a nuevas obras de infraestructura vial que modifican de manera significativa las dinámicas del entorno.

La calidad del agua en la cuenca alta del río Aurra se evaluó a partir de parámetros físico-químicos y microbiológicos, indicadores que permiten determinar su aptitud para distintos fines de uso. Entre los parámetros físico-químicos se destacan la temperatura, el pH, la conductividad, la turbidez, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la demanda química de oxígeno (DQO). En cuanto a los análisis microbiológicos, se consideró la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli*, los cuales representan un riesgo directo para la salud pública (Resolución 2115 de 2007; Decreto 1594 de 1984). La integración de estos parámetros posibilita establecer el estado actual del recurso hídrico y su vulnerabilidad frente a las actividades antrópicas, en especial el turismo y las parcelaciones en expansión.

El análisis de los datos más recientes indicó que el crecimiento del turismo, junto con actividades como la agricultura y las descargas de aguas residuales e industriales, ha generado efectos adversos sobre la calidad del agua del río Aurra en Sopetrán (Corantioquia, 2016). Las evaluaciones realizadas en estaciones de monitoreo como LIMR33 y SOPQ10 evidencian un deterioro en diversos indicadores de calidad, tanto fisicoquímicos como microbiológicos, durante el periodo comprendido entre 2021 y 2024. Entre los principales resultados se destaca la reducción del caudal, posiblemente asociada a extracciones de agua no controladas y a variaciones en las condiciones climáticas. Asimismo, el aumento en la conductividad sugiere la presencia de descargas contaminantes sin regulación y una mayor concentración de sales disueltas, atribuible a procesos de evaporación o a la disminución en la capacidad de dilución.

Los resultados de monitoreo evidencian un incremento significativo en las bacterias indicadoras de contaminación fecal, como los coliformes totales y *Escherichia coli*. En 2021, los niveles de *E. coli* fueron de 25,75 NMP/100 mL, mientras que en 2024 alcanzaron 60.200 NMP/100 mL, valores que superan ampliamente los límites establecidos para agua de consumo humano en la Resolución 2115 de 2007, la cual establece un valor máximo permisible de 0 NMP/100 mL (Ministerio de la Protección Social, 2007). Estas condiciones representan un riesgo tanto para la calidad del agua como para la salud pública, en concordancia con lo señalado en el Decreto 1594 de 1984 respecto a los usos del recurso hídrico (Ministerio de Salud, 1984).

Este deterioro también se refleja en los parámetros fisicoquímicos analizados en laboratorio por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, presentados en la Tabla 5. Entre ellos, la turbidez alcanzó valores de 510 NTU en tramos ubicados aguas abajo y el color superó los 100 UPC, cifras que exceden los límites establecidos para agua destinada al consumo humano, fijados en 5 NTU para turbidez y 15 UPC para color aparente (Ministerio de la

Protección Social, 2007).

Adicionalmente, se registró un aumento en la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), indicadores que evidencian una mayor carga de materia biodegradable y sustancias químicas en el río, lo que refleja presiones antrópicas sobre el recurso.

El turismo en Sopetrán ha experimentado un crecimiento acelerado en las últimas dos décadas, impulsado por la apertura del Túnel de Occidente y el desarrollo de parcelaciones rurales. Este fenómeno ha incrementado la presión sobre los cuerpos de agua debido a un mayor consumo y generación de aguas residuales (Corantioquia, 2016). A ello se suma el crecimiento urbano desorganizado, que entre los años 2000 y 2018 registró un aumento del 183 % en la expansión de la mancha urbana (Universidad Nacional de Colombia [UNAL], 2023), junto con el incremento en la aprobación de licencias de construcción (El Colombiano, 2023).

En materia de vertimientos, se han identificado descargas directas provenientes de áreas turísticas como balnearios y parcelaciones. En la quebrada La Cañada de Oro se han reportado vertimientos sin tratamiento previo, intensificando la presión sobre el ecosistema acuático local. Los análisis de laboratorio en zonas aguas abajo del río Aurra confirman esta situación, con un pH de 5,90, una demanda química de oxígeno (DQO) de 79,6 mg/L y concentraciones microbiológicas de 125.600 NMP/100 mL, valores que exceden los límites máximos establecidos en la Resolución 0631 de 2015 para vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Las encuestas de percepción (véase Anexo 2) aplicadas a distintos actores locales —entre ellos la comunidad, el sector público y el sector privado— evidencian que el turismo se percibe como una actividad en expansión que no ha sido controlada de manera adecuada. El 83 % de los

encuestados considera que esta actividad ha generado efectos negativos sobre los recursos naturales, mientras que el 84 % señala haber observado una disminución en el caudal del río Aurra y el 58 % identifica directamente al turismo como la principal causa del deterioro de la calidad del agua (Corantioquia, 2016).

La interacción entre el turismo, el crecimiento urbano y los vertimientos plantea la necesidad de implementar procesos de planificación ambiental y territorial más estrictos en el municipio de Sopetrán, dada su posición estratégica dentro de la cuenca del río Aurra. Entre las acciones prioritarias se incluyen el fortalecimiento de la gobernanza del agua, el control de vertimientos, la modernización de la infraestructura de saneamiento básico y la regulación de la actividad turística conforme a la normativa ambiental vigente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015; Ministerio de Salud, 1984). Estas medidas resultan fundamentales para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico y la protección de los ecosistemas, así como para salvaguardar la calidad de vida de las comunidades locales que dependen del recurso.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el municipio de Sopetrán, ubicado en el occidente antioqueño, el turismo rural y recreativo se ha consolidado como una de las principales actividades económicas. Este crecimiento ha estado influenciado, entre otros factores, por la apertura del Túnel de Occidente en 2006, que facilitó el acceso desde el Valle de Aburrá y generó un incremento sostenido en el flujo de visitantes (Gobernación de Antioquia, 2019). Sin embargo, la expansión de la agricultura, los vertimientos domésticos e industriales y el desarrollo turístico han avanzado sin una adecuada planificación ambiental, lo que ha ocasionado impactos significativos sobre la calidad del recurso hídrico, particularmente en la cuenca alta del río Aurra, considerado uno de los sistemas hídricos más relevantes de la región (Corantioquia, 2022; UNAL, 2023).

Sopetrán aporta 12 veredas a la cuenca del Río Aurra, lo que representa el 33,1 % de su territorio, con una población rural cercana a las 8.514 personas (DANE, 2022). Aunque el municipio no figura como el mayor consumidor de agua dentro de la cuenca, genera impactos provocados por las diferentes actividades sociales ambientales y económicas afectando la calidad del recurso hídrico. Esta situación se ha visto agravada por la expansión del turismo de recreación sin controles adecuados, lo que genera alteraciones en la dinámica natural de los cuerpos de agua, la disminución del oxígeno disuelto y el aumento de contaminantes físicos, químicos y biológicos. Desde una perspectiva socio ambiental, esta problemática afecta no solo la disponibilidad de agua limpia para los habitantes locales, sino también la sostenibilidad del ecosistema hídrico. La degradación de la calidad del agua pone en riesgo la salud pública, altera los servicios ecosistémicos y afecta directamente actividades tradicionales como la agricultura y

la pesca artesanal, que dependen del agua en condiciones óptimas.

A nivel regional, el modelo predominante de turismo ha generado una transformación en los patrones de uso del suelo y ha reorientado la economía hacia una actividad con elevado impacto ambiental, en ausencia de límites definidos y de mecanismos efectivos de regulación.

A escala global, esta dinámica contribuye al deterioro de los recursos naturales, al aumento de la huella hídrica y a la pérdida de resiliencia frente al cambio climático.

Frente a este contexto, es urgente diseñar estrategias para la gestión del recurso hídrico en la cuenca alta del Río Aurra (municipio de Sopetrán) frente a los impactos del turismo sobre el occidente antioqueño, por lo cual este análisis es clave para asegurar la sostenibilidad del territorio y garantizar estrategias que ayuden a mejorar la calidad del recurso hídrico en el municipio.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado este trabajo buscó dar respuesta a la siguiente pregunta problemática, ¿De qué manera las actividades asociadas al turismo inciden en el manejo y la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, en la cuenca alta del Río Aurra y qué estrategias pueden implementarse para mitigar sus impactos negativos?

3. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Sopetrán enfrenta un problema socioambiental crítico: la presión del turismo y la parcelación de tierras sobre la cuenca alta del río Aurra compromete la disponibilidad, calidad y acceso al recurso hídrico. Esta situación representa un riesgo para la salud de los ecosistemas locales y para las comunidades que dependen directamente del agua, un recurso que constituye un derecho fundamental y un servicio ecosistémico esencial para la vida rural (Corantioquia, 2022; UNAL, 2023).

Entre las causas principales se identifican el crecimiento turístico sin regulación, la urbanización desorganizada y los vertimientos sin tratamiento previo. La actividad turística ha aumentado significativamente tras la apertura del Túnel de Occidente en 2006, generando un flujo constante de visitantes que incrementa la demanda de agua y la generación de residuos (Gobernación de Antioquia, 2019; Vera & Marchena, 2016). Entre 2000 y 2018, la expansión urbana en el municipio se incrementó en un 183 %, acompañada de un aumento en la aprobación de licencias de construcción, lo que intensifica la presión sobre el recurso hídrico (UNAL, 2023; El Colombiano, 2023). Asimismo, aguas residuales domésticas, industriales y turísticas se descargan en afluentes como la quebrada La Cañada de Oro, superando los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la Resolución 0631 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Las implicaciones de esta dinámica son múltiples. En el ámbito social, se evidencian desigualdades en el acceso al agua y conflictos entre usos domésticos, agrícolas y turísticos (López & Giraldo, 2020).

En el plano ambiental, se observan degradación de la calidad del agua y presión sobre los ecosistemas estratégicos de la región. Desde el punto de vista práctico, se requiere la implementación de políticas y estrategias de gestión que regulen el turismo, fortalezcan infraestructuras de saneamiento y promuevan un turismo responsable (Corantioquia, 2022).

En términos científicos y académicos, esta investigación contribuye a la comprensión de la relación entre turismo y gestión hídrica en contextos rurales del occidente antioqueño, un tema poco explorado de manera integral. La integración de variables sociales, ambientales y territoriales permite generar evidencia replicable en otras regiones con dinámicas similares (Vera & Marchena, 2016; López & Giraldo, 2020).

Desde la dimensión práctica y metodológica, los resultados de la investigación podrán orientar a instituciones como CORANTIOQUIA, la administración municipal y los actores comunitarios en la planificación y regulación del turismo, el fortalecimiento de infraestructuras de saneamiento y la promoción de un modelo de turismo responsable. El enfoque participativo permitirá identificar percepciones de la comunidad sobre los impactos turísticos en el recurso hídrico, mientras que el análisis comparativo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Aurra evidenciará la magnitud de los cambios ambientales, vinculando directamente la metodología con la justificación del estudio.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Proponer estrategias de gestión socioambiental para el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, con base en los impactos derivados de la afectación por el crecimiento del turismo en el municipio de Sopetrán.

4.2. Objetivos específicos

-Determinar los impactos sociales y ambientales en la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán derivada de las prácticas turísticas, mediante la observación en campo y aplicación de entrevistas.

-Caracterizar el estado de la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, con base en las mediciones realizadas en puntos críticos asociados al impacto de la actividad turística.

-Diseñar estrategias ambientales, sociales y educativas para la gestión del recurso hídrico en Sopetrán, orientadas a la reducción de los impactos derivados del turismo y el fortalecimiento de la gobernanza del recurso hídrico.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Marco contextual

La cuenca hídrica del río Aurra abarca un área de 23.698 hectáreas y tiene su origen en la serranía de Ovejas. Hacia el suroeste, limita con los municipios de San Pedro de los Milagros y Bello, extendiéndose aproximadamente de manera paralela a la vía que conduce a San Pedro. Posteriormente, su curso se dirige hacia el occidente, descendiendo hasta el municipio de San Jerónimo y atravesando posteriormente el territorio de Sopetrán, antes de desembocar finalmente en el río Cauca (Corantioquia, 2022).

Desde su origen, el río recorre un trayecto que lo lleva a cruzar zonas rurales de San Jerónimo y Sopetrán, hasta desembocar en el río Cauca, a una altitud de 444,4 m.s.n.m en la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán (CORANTIOQUIA, 2022). Esta ubicación estratégica en la parte baja de la cuenca convierte al municipio en un punto clave para el monitoreo del recurso hídrico, dado que en él confluyen múltiples usos agrícolas, turísticos y residenciales que ejercen presión sobre la calidad y cantidad del agua. Además, su cercanía con la infraestructura vial del Túnel de Occidente ha intensificado el desarrollo urbano y turístico, alterando significativamente las dinámicas socioambientales del sistema hídrico.

Sopetrán es un municipio perteneciente a la subregión occidental del departamento de Antioquia, Colombia. Su territorio presenta una topografía diversa que abarca desde zonas montañosas y valles hasta áreas de tierras secas. La economía local se sustenta principalmente en la agricultura, destacándose el cultivo de frutas tropicales, así como en la ganadería. Asimismo, el turismo representa un sector en crecimiento dentro del desarrollo económico del municipio (CORANTIOQUIA, 2022).

5.2. Marco antecedentes

En el occidente antioqueño, en municipios como Sopetrán, San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, se ha observado que el crecimiento acelerado del turismo ejerce una presión considerable sobre los recursos hídricos. Hernández y Cárdenas (2024) destacan que este aumento en la actividad turística ha provocado un incremento significativo en el consumo de agua, generando conflictos por su acceso que afectan a las comunidades locales. Asimismo, CORANTIOQUIA (2015) advierte que la expansión de fincas turísticas y parcelaciones recreativas ha desplazado los usos tradicionales del suelo y ha contribuido al deterioro de las fuentes de agua, principalmente debido a vertimientos y a la falta de infraestructura adecuada para su gestión. En consecuencia, estas dinámicas plantean retos importantes para la planificación y conservación del recurso hídrico en la región.

La gestión adecuada del recurso hídrico es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de las comunidades. El agua, esencial para la vida de todos los seres vivos, ha sido históricamente objeto de mal uso y deterioro, lo que ha generado una serie de desafíos socioambientales que requieren atención urgente y holística (Bakker, 2003). La creciente escasez de agua potable y la contaminación de fuentes hídricas afectan a miles de millones de personas en todo el mundo, especialmente en áreas vulnerables. A nivel local, como en el caso de Sopetrán, Antioquia, estos problemas se han intensificado debido a la falta de infraestructura adecuada y la gestión ineficaz de las fuentes de agua, lo que ha generado conflictos sociales y ambientales significativos (Grupo EPM, 2024; Teleantioquia, 2023).

El Diagnóstico para la formulación del Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero del Occidente Antioqueño, elaborado por CORANTIOQUIA y SHI (2015), señala que la expansión del turismo y el crecimiento urbano en municipios como Sopetrán, San Jerónimo y

Santa Fe de Antioquia han generado cambios sustanciales en los usos del suelo. Esta dinámica ha reducido la presencia de cultivos tradicionales, como el tamarindo y otros productos agrícolas característicos de la región, mientras que el consumo de agua destinado a actividades recreativas —balnearios, parcelaciones y alojamientos— ha aumentado en un 5 % y podría llegar hasta un 25 % (Velásquez Muñoz, 2018). De igual forma, Gutiérrez Núñez (2021) documenta que en los últimos años se ha presentado una disminución de aproximadamente 30 hectáreas de cultivos, lo que evidencia la presión creciente sobre los acuíferos locales. Ante este panorama, el diagnóstico enfatiza la necesidad de regular los usos del agua para garantizar su disponibilidad y preservar su calidad en esta zona estratégica del occidente antioqueño.

Desde lo social, el agua trasciende su carácter de recurso físico para convertirse en un bien con significados culturales y colectivos, estrechamente ligado a las dinámicas de las comunidades y a sus formas de vida. Bajo este enfoque, la justicia hídrica plantea la importancia de garantizar un acceso equitativo al agua potable y a los servicios de saneamiento, con especial énfasis en los grupos más vulnerables y marginados. Este planteamiento reconoce que el acceso al agua constituye un derecho fundamental y que las desigualdades en su distribución deben ser enfrentadas a través de políticas públicas inclusivas y participativas (Gleick, 1998; Bakker, 2007; Budds, 2004). En el caso de Sopetrán, las tensiones derivadas de la convivencia entre la población local y la población flotante han profundizado los problemas de acceso al agua, generando disputas por la distribución equitativa del recurso en el llamado Triángulo de Oro del occidente antioqueño, donde la competencia entre sectores sociales y económicos es cada vez más evidente (Justicia ambiental, agua y turismo, 2023).

La gestión del agua no solo depende de aspectos técnicos, sino que también está profundamente condicionada por factores políticos y económicos que influyen en su distribución

y uso. En este sentido, la gobernanza del agua plantea la necesidad de construir enfoques participativos y colaborativos que integren a distintos actores —gobiernos, sociedad civil, comunidades locales y sector privado— en los procesos de toma de decisiones. Avanzar hacia modelos de gobernanza inclusivos resulta fundamental para enfrentar retos como el cambio climático y el crecimiento poblacional, los cuales complejizan aún más el manejo de este recurso (Wolf, 2006). En el caso de Sopetrán, se hace necesario implementar un modelo de gobernanza hídrica híbrido, capaz de articular la institucionalidad con la participación activa de la comunidad, en el que confluyan tanto actores institucionales como comunitarios. Este modelo incluye a:

Las autoridades ambientales (CORANTIOQUIA), encargadas de monitorear y regular los usos del agua.

La administración municipal, responsable de ejecutar el ordenamiento territorial el control de vertimientos.

Empresas turísticas y propietarios de parcelaciones, quienes generan demanda del recurso hídrico.

Comunidades rurales y usuarios locales del agua, que dependen del recurso para su consumo y actividades agrícolas.

La gobernanza híbrida del agua supone la interacción entre diferentes actores mediante mecanismos participativos —como mesas de concertación o planes de manejo conjunto— que permitan garantizar decisiones más equitativas y sostenibles. En ausencia de esta articulación, existe el riesgo de que los intereses económicos se impongan sobre las prioridades ambientales y sociales (Lebel et al., 2010; Wolf, 2006).

En el artículo titulado “An integrated and multidimensional approach for analyzing vulnerability of water resources under territorial climate conditions”, elaborado por El Garouani

et al. (2024) los autores abordar el aumento de la demanda del agua y las actividades agrícolas e industriales que ejercen presión sobre el recurso hídrico desde un enfoque que contempla la variabilidad climática, para esto hacen uso de los sistemas de información geográfica con el fin de desarrollar un índice de vulnerabilidad territorial para la llanura de Saïss – Marruecos, con esto buscan identificar las áreas más vulnerables en la cuenca. Este enfoque aporta los efectos combinados que tiene la disminución de la precipitación, el aumento en la demanda y el riesgo en la disponibilidad del recurso hídrico.

De acuerdo con Bilbao et al. (2024), las zonas montañosas desempeñan un papel esencial en el suministro de agua, aunque su capacidad puede verse afectada por los cambios en el uso del suelo y la expansión de coberturas forestales. Para analizar esta dinámica, los autores aplicaron un modelo de simulación del caudal diario, el cual fue validado en tres escenarios distintos con el fin de identificar posibles variaciones en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. Los hallazgos resultan clave para comprender cómo la variabilidad climática y las transformaciones del territorio inciden en la disponibilidad del recurso hídrico

En el artículo de Mello et al. (2025), titulado *“Mitigating severe hydrological droughts in the Brazilian tropical high-land region: A novel land use strategy under climate change”*, se señala que las sequías hidrológicas tienen un impacto significativo en la sociedad y la economía. Los autores proponen un método para analizar los efectos del uso del suelo y el cambio climático mediante simulaciones del caudal, considerando las variaciones en el almacenamiento de agua dentro de la cuenca. Entre los principales hallazgos, se destaca que la restauración forestal contribuye a disminuir la frecuencia de sequías intensas, y que las subcuencas con mayor intervención humana presentan una mayor vulnerabilidad frente al cambio climático. Esta información resulta valiosa para detectar zonas críticas y definir estrategias adecuadas para la

cuenca del Río Aurra.

En el artículo titulado *“Assessing climate change-induced flooding mitigation for adaptation in Boston’s Charles River watershed, USA”*, Cheng et al. (2017) exploran el uso de la infraestructura verde como una alternativa para gestionar los recursos hídricos, especialmente en lo que respecta al manejo del agua de lluvia y la reducción del riesgo de inundaciones. El estudio se centra en los beneficios que ofrece este tipo de infraestructura en el contexto de los impactos del cambio climático. Aunque el análisis se desarrolla en Estados Unidos, las estrategias propuestas pueden adaptarse y aplicarse a la realidad de la cuenca del río Bajo Nechí como medida de mitigación frente a inundaciones.

En el artículo titulado *“Assessing the response of water use efficiency to climate variability and land-use changes in the mountainous area of North China”*, D. Wang et al. (2023) señalan que la eficiencia en el uso del agua refleja la interacción entre los ciclos del carbono y del agua, especialmente cuando se considera el papel de los ecosistemas. Este indicador resulta fundamental para evaluar cómo responden los ecosistemas frente a cambios ambientales. El estudio aporta información relevante sobre cómo la vegetación, a través del secuestro de carbono y el consumo de agua, se ve influenciada por la variabilidad climática.

De igual manera, Peralta et al. (2021), en su artículo titulado *“Desabastecimiento hídrico en el sistema de ciudades de Colombia: ordenamiento ambiental y territorial en el Área Hidrográfica Magdalena-Cauca”*, analizan los problemas relacionados con la escasez de agua en las ciudades ubicadas en las zonas más vulnerables del área hidrográfica Magdalena–Cauca. Lo hacen desde una perspectiva que considera el agua como un servicio ecosistémico, integrando conceptos como el ciclo hidrológico y la planificación ambiental. El artículo ofrece fundamentos teóricos desde el enfoque ambiental que destacan la relevancia del agua para el consumo humano,

así como el papel que desempeñan los instrumentos de ordenamiento en su preservación.

También se identificó el artículo titulado “Modeling with a Regional Approach of water quality in areas of Bajo Cauca: Project influence of Mining and Hydropower projects”, de los autores Bolívar et al. (2023) el análisis de la calidad del agua del río Cauca y su relación con el equilibrio ecológico. Además, proponen un modelo de calidad del agua con base en un monitoreo continuo. Es importante tener en cuenta este artículo, dado que el río bajo Nechí confluye con el Cauca y puede ser enriquecedor para el trabajo analizar como varía la calidad del agua

El recurso hídrico es un componente esencial para la vida y la sostenibilidad de los ecosistemas. Sin embargo, su gestión inadecuada ha dado lugar a la contaminación y la disminución de la disponibilidad de agua potable, lo que representa un desafío significativo para la salud pública y la estabilidad ambiental. La falta de conciencia sobre la importancia de conservar el agua (Boelens, 2010). Así como la sobreexplotación del recurso, han exacerbado la crisis del agua en muchas regiones, incluidas áreas como Sopetrán

La contaminación del agua, originada por vertimientos industriales, desechos sólidos y emisiones, afecta tanto a las fuentes hídricas superficiales como subterráneas, comprometiendo su calidad y disponibilidad para el consumo humano. En regiones como Sopetrán, esto ha dado lugar a conflictos sociales, especialmente en comunidades vulnerables que sufren de la escasez y la deficiente calidad del agua (Bakker, 2007). Las poblaciones marginadas, con menos recursos y mayor dependencia del agua local, son las más afectadas, lo que aumenta su vulnerabilidad y exagera las tensiones sociales.

Por lo tanto, es necesario abordar la gestión del recurso hídrico desde una perspectiva

inclusiva y equitativa, en el cual requieren políticas y medidas que aseguren el acceso al agua potable y promuevan prácticas de conservación y uso sostenible del recurso. Estas acciones no solo beneficiarían la salud pública y la sostenibilidad ambiental, sino que también contribuirían a reducir los conflictos sociales y proteger a las poblaciones más vulnerables (Budds, 2004).

El manejo del agua ha estado históricamente influenciado por factores culturales, económicos y tecnológicos. En muchos casos, el desarrollo económico ha sido priorizado sobre la conservación del recurso hídrico, lo que ha llevado a prácticas insostenibles de uso del agua, como la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de fuentes hídricas Bakker, K. (2003) La falta de conciencia sobre la importancia de conservar el agua, sumada a las limitaciones tecnológicas para el tratamiento adecuado de aguas residuales, ha contribuido a la degradación del recurso hídrico.

Sin embargo, en las últimas décadas, ha crecido el reconocimiento de la necesidad de gestionar el agua de manera más sostenible. La implementación de políticas más robustas y la concienciación sobre la importancia de los recursos hídricos han ayudado a generar un cambio hacia prácticas más sostenibles a nivel nacional e internacional (Budds, 2004). En este contexto los marcos normativos e históricos proporcionan una base sólida para comprender los desafíos actuales en la gestión del agua y la urgente necesidad de adoptar enfoques más sostenibles y equitativos para su conservación y protección.

Por otra parte, Cortés & Gómez (2017) en el documento titulado “De la degradación hídrica y las innovaciones institucionales, a la sociedad civil ambientalizada: un análisis de la problemática de la calidad del agua en la cuenca alta del río Cauca, Colombia”, presentan un análisis de la problemática de la calidad del agua en la cuenca alta del río Cauca desde el papel de la sociedad como veedora de la calidad del río en su territorio. Además, analizan el instrumento

de tasa retributiva en relación con esta. En este sentido, el artículo instruye sobre el cómo debería de ser la relación entre la sociedad civil y la protección del recurso hídrico, dicho análisis es de utilidad para aplicarse de manera similar a la cuenca del Río Aurra

Los antecedentes revisados evidencian que la gestión del recurso hídrico enfrenta serios desafíos en contextos turísticos no planificados, especialmente en regiones como el occidente antioqueño. Se ha identificado que el crecimiento descontrolado del turismo en municipios como Sopetrán, San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia ha generado una presión considerable sobre las fuentes hídricas, debido al aumento en la demanda de agua, vertimientos sin tratamiento y el cambio de uso del suelo. Estudios como el de Hernández y Cárdenas (2024) destacan cómo el turismo ha agravado las desigualdades en el acceso al agua, mientras que diagnósticos institucionales como el de CORANTIOQUIA y SHI (2015) alertan sobre la transformación de las dinámicas del territorio y los riesgos sobre los acuíferos. A pesar de estos hallazgos, se observa una escasez de investigaciones que aborden la problemática de la cuenca del Río Aurra desde una perspectiva integral y local. Por tanto, este trabajo busca contribuir al conocimiento de la relación entre turismo y deterioro hídrico en Sopetrán, y proponer estrategias de gestión sostenibles con base en evidencias territoriales.

5.3. Marco conceptual

El turismo se está consolidando como uno de los aspectos más importantes del desarrollo económico, social y ambiental, también se constituye en una de las principales amenazas para los ecosistemas ubicados en las cuencas hidrográficas, que son espacios estratégicos para el manejo y disposición del agua, el turismo impacta de manera directa a través del consumo excesivo, la contaminación por vertimientos, las alteraciones de caudales naturales y la ocupación desordenada de zonas de recarga hídrica (Universidad de Antioquia, 2021; Corantioquia, 2023).

Ante esta problemática, la gestión ambiental y territorial adquiere un papel esencial al plantear estrategias que permitan mitigar los impactos negativos, garantizando la sostenibilidad del turismo y la protección del recurso hídrico.

La Política Pública de Turismo Sostenible “Unidos por la Naturaleza”, adoptada mediante el Decreto 646 de 2021, tiene por objetivo consolidar al turismo como una actividad productiva sostenible, promoviendo el crecimiento económico inclusivo y fomentando la corresponsabilidad en la cadena de valor, el uso eficiente de los recursos naturales y el manejo integral de los impactos ambientales.

A su vez, la Ley 2068 de 2020 reformó la Ley General de Turismo (Ley 300 de 1996) con la finalidad de fortalecer la sostenibilidad, la formalización y la competitividad del sector, integrando mecanismos para la conservación, protección y aprovechamiento de los destinos y atractivos turísticos.

En el contexto del POMCA del río Aurra, esta política nacional implica que cualquier estrategia turística desarrollada en la cuenca debe incorporar criterios de conservación hídrica, protección del capital natural (como el río), buenas prácticas ambientales en la operación turística, y participación comunitaria. De esta forma, la Política “Unidos por la Naturaleza” y la Ley 2068 proporcionan un marco normativo y estratégico que legitima y orienta la gestión integrada, asegurando que el turismo contribuya al bienestar social, a la conservación ambiental, y al desarrollo local sostenible.

Desde un enfoque conceptual, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRE) propuesta por la (UNESCO, 2022) plantea la administración del agua de manera holística, integrando dimensiones sociales, económicas y ambientales. Este enfoque resulta imprescindible en territorios turísticos donde confluyen diferentes intereses sobre el uso del agua. En el caso de

Colombia, este principio se articula a través de instrumentos como los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) y los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los cuales orientan la zonificación ambiental, la protección de áreas de recarga hídrica y la regulación de la capacidad de carga turística (MinAmbiente, 2010; IDEAM, 2021). Dichas herramientas buscan ordenar el territorio de manera que las actividades turísticas no sobrepasen los límites ecológicos de las cuencas.

La normatividad constituye otro aspecto clave. En Colombia, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (MADS, 2010) es el marco regulador para garantizar un uso eficiente y sostenible del agua, incluso en escenarios de presión turística. De manera complementaria, la Política de Turismo Sostenible “Unidos por la Naturaleza” (MinCIT, 2021) establece la sostenibilidad como eje rector en el desarrollo del turismo, integrando prácticas de conservación de los recursos hídricos. A nivel internacional, organismos como la Organización Mundial del Turismo (OMT, 2013; 2023) resaltan que el manejo eficiente del agua es uno de los principales retos de los destinos turísticos, mientras que los criterios del Global Sustainable Tourism Council (GSTC) incluyen dentro de sus estándares globales una gestión eficiente.

La educación ambiental y la gobernanza participativa son también pilares de gran relevancia. Diversos estudios demuestran que la educación puede modificar actitudes y prácticas en torno al consumo y disposición del agua tanto en turistas como en comunidades receptoras (Hernández Vásquez, 2018; Redalyc, 2001). La corresponsabilidad social y la inclusión de comunidades locales en la toma de decisiones permite proteger mejor los ecosistemas, garantizando además justicia hídrica en territorios donde el turismo compite directamente con el consumo doméstico (Universidad Nacional de Costa Rica, 2021). Al mismo tiempo, los modelos de gobernanza colaborativa fortalecen la legitimidad de la gestión hídrica al integrar a actores públicos, privados y comunitarios (Dialnet, 2016).

Otro componente ineludible es la innovación tecnológica. En contextos de turismo sostenible, la aplicación de ecotecnologías como sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales, reutilización de aguas grises, captación pluvial y soluciones basadas en la naturaleza reducen significativamente los impactos sobre las cuencas (Universidad EIA, 2022; Gaitán & Ortega, 2020). El uso de sensores y metodologías de monitoreo comunitario, además de ser de bajo costo, garantiza calidad hídrica y mayor participación local en el control de riesgos (Revistas UTP, 2020).

A nivel ecológico, las estrategias de conservación y restauración son indispensables para mantener la resiliencia de los ecosistemas acuáticos frente a la presión turística. Acciones como la revegetalización de rondas hídricas, la recuperación de humedales y la reforestación en áreas de recarga hídrica contribuyen no solo a mejorar la calidad del agua, sino a consolidar procesos de adaptación climática y protección de la biodiversidad (Cruz & López, 2016; Universidad de Murcia, 2023). Casos como el Parque Nacional Natural Utría en Colombia ilustran cómo la

certificación turística y la infraestructura ecoeficiente permiten compatibilizar el turismo con la conservación de cuencas y sistemas marino-costeros (Gutiérrez & Restrepo, 2016).

Por otro lado, la huella hídrica se ha consolidado como un indicador indispensable para evaluar la sostenibilidad de los destinos turísticos. Estudios realizados en España (Sotelo, 2023) y Costa Rica (Hernández & Picón, 2021) evidencian que medir el consumo directo e indirecto de agua en el turismo es clave para diseñar políticas diferenciadas, establecer límites de carga y reconocer desigualdades en el acceso al recurso. De esta manera, el indicador se convierte en una herramienta fundamental para planificar y orientar el turismo sostenible en cuencas.

En suma, las estrategias para mitigar los impactos negativos del turismo sobre el recurso hídrico en cuencas deben articularse en cuatro ejes complementarios: 1) Estrategias técnica; 2). Estrategias pedagógicas 3) Estrategia de saneamiento básico; 4) Estrategias de turismo responsable. De este modo, el agua no debe ser comprendida únicamente como insumo del turismo, sino como patrimonio estratégico y estructurante de la sostenibilidad territorial, cuya protección es condición indispensable para el bienestar de las comunidades y la permanencia del sector turístico en el largo plazo.

En territorios con creciente presión turística, la demanda hídrica se incrementa de forma significativa, superando muchas veces la capacidad de carga de las fuentes locales (CORANTIOQUIA, 2023); Peralta, 2021). El turismo, si bien representa una oportunidad económica, genera presiones ambientales cuando no está debidamente planificado, especialmente en zonas rurales con infraestructura limitada. Esto puede resultar en sobreexplotación del recurso, contaminación de cuerpos de agua y conflictos por el acceso (Justicia ambiental, agua y turismo, 2023).

5.4. Marco Legal

En la Tabla 1 se presentan los principales marcos normativos y de política que orientan la gestión del recurso hídrico en Sopetrán. Se incluyen disposiciones internacionales, nacionales y locales, con el fin de resaltar la articulación entre los compromisos globales y la normativa específica que regula el uso, conservación y manejo del agua en Colombia.

Tabla 1.

Marco legal para la gestión del recurso hídrico

Nivel / Norma	Descripción / Contenido	Referencia
Internacional – ODS 6	Metas globales para garantizar la disponibilidad, gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.	Guillén, Varela-Ortega & Andreu (2016)
Nacional – Legislación Ambiental	Disposiciones sobre calidad del agua, prevención de la contaminación y uso sostenible del recurso hídrico.	Lebel et al. (2010)
Constitución Política de Colombia (1991)	Art. 79: Derecho a un ambiente sano. Art. 80: Protección y uso racional de los recursos naturales para generaciones presentes y futuras.	Constitución Política de Colombia (1991)

Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio de Ambiente y fija principios para la gestión ambiental y la participación ciudadana.	Congreso de la República de Colombia (1993)
Ley 373 de 1997	Establece la obligatoriedad de programas para el uso eficiente y ahorro del agua.	Congreso de la República de Colombia (1997)
Ley 152 de 1994	Regula los planes de desarrollo y la planificación ambiental territorial.	Congreso de la República de Colombia (1994)
Ley 1558 de 2012	Establece lineamientos para la planificación turística con enfoque de sostenibilidad.	Congreso de la República de Colombia (2012)
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Presidencia de la República de Colombia (2015)
Resolución 631 de 2015	Reglamenta disposiciones para vertimientos puntuales a cuerpos de agua.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015)
Resolución 699 de 2021	Define parámetros y límites máximos permisibles para	Ministerio de Ambiente y

	vertimientos de aguas residuales no domésticas.	Desarrollo Sostenible (2021)
POT y Plan Nacional de Desarrollo	El POT orienta la conservación de recursos hídricos; el PND promueve sostenibilidad hídrica y turística.	Resolución 112-5304 del 26 de octubre de 2016
PORH del Río Aurra	Define lineamientos para el ordenamiento hídrico local, basado en Decreto 1076/2015.	Resolución 040-RES1811-6716 del 30 de noviembre de 2018
POMCA del Río Aurra	Plan de manejo y ordenación de cuenca conforme a Decretos 2811/1974 y 1729/2002.	Elaboración propia

Nota. Elaboración propia con base a los instrumento de planeación y ordenamiento ambiental

El marco legal establece una base normativa clara para la protección y gestión del recurso hídrico tanto a nivel internacional como nacional. Desde el enfoque global, el ODS 6 promueve el acceso universal y sostenible al agua, lo que implica un compromiso del Estado colombiano con esos objetivos. A nivel nacional, la Constitución Política de Colombia (1991) reconoce en sus artículos 79 y 80 el deber del Estado y de todos los ciudadanos de proteger los recursos naturales, incluyendo un ambiente sano.

Además, la legislación ambiental colombiana aborda específicamente aspectos como la

calidad del agua, la prevención de la contaminación y el uso sostenible del recurso hídrico, lo que sienta las bases legales para intervenir ante problemas como los generados por el turismo no planificado en zonas sensibles, como Sopetrán. En conjunto, estas normas permiten inferir que existe un marco normativo robusto para proteger el recurso hídrico; sin embargo, la persistencia de impactos negativos en la cuenca del Río Aurra revela debilidades en la aplicación, seguimiento y articulación efectiva de estas normas a nivel local.

5.5. Marco Teórico

La gestión del recurso hídrico en territorios sometidos a procesos de urbanización acelerada y expansión turística, como es el caso del municipio de Sopetrán, se ha convertido en un tema de creciente relevancia debido a los conflictos socioambientales que emergen en torno al acceso, la calidad y la disponibilidad del agua. En este escenario, la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) se posiciona como un enfoque fundamental para armonizar los intereses sociales, ambientales y económicos. De acuerdo con Lebel, Manuta y Garden (2010), la GIRH promueve un uso equitativo y sostenible del agua al articular la oferta natural con la demanda proveniente de distintos sectores, garantizando además la preservación de los ecosistemas. En regiones turísticas como Sopetrán, este enfoque resulta vital, dado que las actividades recreativas tienden a ejercer presiones que exceden la capacidad de resiliencia de las fuentes hídricas locales.

Dentro de esta discusión, la capacidad de carga hídrica turística constituye un concepto clave, definido como el límite máximo de visitantes y actividades que un ecosistema puede soportar sin que se produzcan daños irreversibles en su estructura, funcionamiento o calidad. Este concepto incluye tres dimensiones: la capacidad física (cantidad de usuarios que puede acoger un espacio), la capacidad ecológica (resiliencia del ecosistema frente a presiones antrópicas) y la capacidad social (grado de aceptación de las comunidades locales frente a la

actividad turística) (Cifuentes, 1992; Vera-Rebollo & Baños, 2010). En el caso de Sopetrán, donde la afluencia de visitantes en temporadas altas supera los 10.000 turistas diarios, la aplicación de este indicador es crucial para diseñar estrategias que regulen el uso del recurso y eviten la sobreexplotación de las fuentes de agua empleadas en balnearios y fincas recreativas.

De manera complementaria, la huella hídrica se ha consolidado como un instrumento útil para evaluar la presión que ejercen las actividades humanas sobre el agua. Este indicador, desarrollado por Hoekstra y Hung (2002), distingue entre huella hídrica azul (uso de aguas superficiales y subterráneas), verde (precipitación almacenada en el suelo utilizada por cultivos o vegetación) y gris (volumen de agua requerido para diluir contaminantes hasta cumplir los estándares de calidad). En el caso del turismo, la huella hídrica permite cuantificar el volumen de agua consumido en alojamientos, balnearios y servicios complementarios, así como el impacto de los vertimientos derivados de estas actividades (Gössling et al., 2012). Aplicado a Sopetrán, este análisis podría evidenciar los desequilibrios existentes entre la demanda hídrica turística y la capacidad de recarga natural de la cuenca del río Aurra, lo que visibiliza riesgos de insostenibilidad a largo plazo.

Las dinámicas observadas en Sopetrán encuentran referentes en otros territorios donde el turismo ha generado efectos similares sobre el recurso hídrico. En municipios cercanos como Santa Fe de Antioquia y San Jerónimo, CORANTIOQUIA (2015) documentó el impacto de la expansión de parcelaciones y balnearios sobre quebradas y ríos locales. En el ámbito internacional, investigaciones en Cusco (Perú) evidencian cómo la sobrecarga turística limita la disponibilidad de agua para comunidades rurales, generando conflictos sociales (Thapa, 2012). De igual manera, en destinos como Cancún (México), el incremento acelerado de la huella hídrica por turismo masivo ha obligado a implementar planes de gestión integrada y sistemas de

reutilización de aguas residuales (Schandl et al., 2016). Estos casos ofrecen experiencias comparables que enriquecen la comprensión del fenómeno en Sopetrán.

En este contexto, los conceptos de gobernanza hídrica y justicia ambiental resultan indispensables para abordar la problemática. Gleick (1998) plantea que el agua debe reconocerse como un derecho humano fundamental, lo que implica garantizar su disponibilidad y calidad de manera equitativa para todas las comunidades. Budds (2004) complementa esta visión al destacar la importancia de una gobernanza participativa, adaptada a cada territorio y capaz de promover la corresponsabilidad entre instituciones, sector privado y comunidades locales. En Sopetrán, este enfoque es urgente, ya que la tensión entre el consumo turístico y el acceso al agua de la población rural se ha intensificado en los últimos años, generando conflictos por el uso del recurso.

Finalmente, la infraestructura verde se presenta como una alternativa estratégica para mitigar los impactos negativos del turismo sobre las fuentes hídricas. Este enfoque promueve soluciones basadas en la naturaleza, como humedales artificiales, franjas de protección ribereña y sistemas de drenaje sostenible, que contribuyen a regular la esorrentía, depurar contaminantes y conservar la biodiversidad (Cheng et al., 2017). Incorporar estas prácticas en la planificación territorial de Sopetrán representaría un avance significativo en la gestión del recurso hídrico, reduciendo la carga contaminante que actualmente afecta al río Aurra.

En síntesis, este marco teórico articula los enfoques de gestión integrada, capacidad de carga hídrica, huella hídrica, gobernanza hídrica, justicia ambiental e infraestructura verde, reforzados por experiencias locales e internacionales. Estos conceptos ofrecen una base sólida para comprender que, aunque el turismo constituye una oportunidad de desarrollo económico para Sopetrán, también genera desequilibrios en la disponibilidad y calidad del agua.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

6.1. Diseño y alcance de los instrumentos

Esta investigación empleó una metodología mixta que integró técnicas cuantitativas y cualitativas para la determinación y caracterización de los impactos del turismo sobre el recurso hídrico, especialmente en las comunidades rurales del municipio de Sopetrán. El estudio permitió comprender de manera integral cómo la llegada y el aumento de la actividad turística influyeron en el uso racional y en la calidad del agua en el territorio.

Determinación de los impactos del turismo sobre el recurso hídrico se realizó mediante un proceso de triangulación de la información obtenida en los diferentes instrumentos aplicados. En el componente cuantitativo, los resultados de los muestreos de agua fueron contrastados con la localización de actividades turísticas intensivas (balnearios, fincas recreativas y alojamientos), lo que permitió asociar variaciones en parámetros de calidad hídrica con la presión antrópica ejercida en dichos sectores. En el componente social, las encuestas a familias rurales y las entrevistas a actores locales aportaron percepciones sobre la disminución de la disponibilidad y calidad del agua vinculadas al crecimiento del turismo, mientras que la observación directa y los registros fotográficos documentaron prácticas como vertimientos, acumulación de residuos y uso intensivo de fuentes naturales. Estos insumos se organizaron en matrices de análisis comparativo, a partir de las cuales se establecieron categorías de impacto (físico-químicos, microbiológicos, sociales y de gobernanza), que sirvieron de base para la interpretación de los resultados y el diseño de propuestas de gestión sostenible.

6.2. Diseño y alcance

6.2.1. *Investigación Cuantitativa*

Se desarrolló una investigación de tipo mixto. En su componente cuantitativo se realizaron muestreos para determinar la calidad del recurso hídrico en diferentes puntos del municipio. Los análisis incluyeron parámetros fisicoquímicos como pH, color, turbiedad, DBO, conductividad, entre otros, así como evaluaciones microbiológicas.

Las muestras fueron recolectadas con el objetivo de identificar el estado actual del recurso hídrico y comprender su comportamiento frente al abastecimiento y las descargas que ocurren en las cuencas del municipio. Para ello, se llevaron a cabo muestreos puntuales en dos zonas estratégicas: aguas arriba y aguas abajo del municipio estos puntos se pueden verificar en la Figura 9. Punto de muestreo Sopetrán, con el fin de comparar los cambios en la calidad del agua generados por vertimientos domiciliarios y actividades turísticas.

6.2.2. *Muestreo*

En esta investigación se realizaron cinco muestreos puntuales, cuyos puntos fueron determinados de acuerdo con los requerimientos del estudio. Esto se llevó a cabo con el propósito de entender cómo el turismo había afectado en gran medida el aumento de contaminantes vertidos a las fuentes hídricas del municipio. Por esta razón, se planteó la toma de muestras en dos puntos: aguas arriba del municipio y al final de este. Esto permitió identificar los distintos cambios fisicoquímicos y microbiológicos en los vertimientos realizados por los habitantes.

Además, para poder identificar y relacionar de manera más eficaz las cargas ambientales generadas por el turismo, las tomas de muestra se programaron para fines de semana de alta ocupación y se complementaron con recorridos de observación directa en zonas de uso intenso por visitantes. La decisión de elegir ese calendario y esos lugares pretendió recoger la variabilidad que,

en nuestras hipótesis, podrían presentar las aguas como consecuencia de la presencia de turistas, separándose así de otras fuentes de carga como la agricultura o el uso doméstico.

También se debe tener en cuenta que en este muestreo realizado se cumplieron con los protocolos establecidos en el plan de muestreos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en donde se describieron las diferentes actividades desde la recolección de las muestras hasta la verificación y calibración de los diferentes equipos utilizados en campo, algunas de estas Actividades se describen a continuación:

Verificación y calibración de los equipos

Alistamiento de los materiales a utilizar en el muestreo.

Formatos de diligenciamiento para recolección y preservación de muestras

Verificación de personal idóneo y capacitado para realizar el muestreo.

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado de Bogotá presta servicios públicos de acueducto y alcantarillado, además de ofrecer servicios técnicos especializados a través de sus laboratorios y otros servicios como la instalación temporal de servicios, inspecciones y asesorías técnicas.

6.2.3. Lugar de muestreo

El muestreo en el río Aurra fue realizado por los estudiantes Diego Vanegas y Alejandra Bedoya, en compañía de personal técnico de la Corporación Autónoma Regional, quienes cuentan con la capacitación y certificaciones necesarias (véase Anexo 1).

La selección de los puntos de muestreo respondió a criterios **geográficos, ambientales y sociales**, en concordancia con los objetivos de la investigación. El primer punto, ubicado aguas arriba en la parte alta del municipio de Sopetrán, corresponde a un tramo sin intervención turística directa, por lo que se empleó como referencia de las condiciones naturales del recurso

hídrico. El segundo punto, localizado aguas abajo, recibe descargas provenientes de zonas habitadas y áreas con alta concentración de actividades turísticas, lo que permite analizar los impactos asociados a dichas presiones antrópicas (véase Anexo 3).

Esta distribución espacial, sumada al análisis en días de alta afluencia turística, se definió con el propósito de establecer comparaciones entre un escenario de referencia y otro de mayor intervención humana, en línea con los lineamientos metodológicos recomendados para la evaluación de impactos en la calidad del agua (Mera, 2022).

6.2.4. *Análisis de Muestras*

Las muestras recolectadas en el río Aurra fueron enviadas a los laboratorios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B.), donde se aplicaron procedimientos acreditados para la determinación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua. El análisis se centró en indicadores clave de calidad, tales como turbidez, pH, conductividad, demanda bioquímica y química de oxígeno (DBO y DQO), nutrientes (nitrógeno y fósforo), sólidos totales, metales pesados y cloro residual. Estos parámetros fueron seleccionados porque permiten establecer la relación entre la actividad turística y las posibles alteraciones en la calidad del recurso hídrico, en concordancia con los objetivos de la investigación (APHA, 2017; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Para la caracterización se emplearon técnicas reconocidas internacionalmente, entre ellas turbidimetría y potenciometría, además de métodos instrumentales avanzados como la espectrofotometría UV-Visible, la espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES) y la cromatografía líquida y gaseosa acoplada a espectrometría de masas (LC-MS y GC-MS). Estos métodos permiten obtener resultados confiables y comparables

con estándares internacionales (Veolia Water Technologies, 2022; Cromtek, 2021).

El uso de este conjunto de técnicas analíticas responde a la necesidad de correlacionar los resultados de laboratorio con las observaciones de campo, como el flujo de turistas, la intensidad de actividades recreativas y la localización de descargas domésticas. De esta forma, se buscó atribuir con mayor certeza las variaciones en la calidad del agua a la presión turística en el municipio de Sopetrán, reconociendo también la incidencia de otras fuentes potenciales de contaminación.

6.3. Enfoque

El enfoque metodológico de la investigación es socioambiental, ya que integra el análisis de la calidad del recurso hídrico con las presiones sociales derivadas del turismo. Este enfoque permitió que la selección de los puntos de muestreo y la interpretación de los resultados combinaran criterios técnicos (parámetros físico-químicos del agua) y sociales (zonas con mayor flujo de turistas). De esta manera, se asegura la coherencia entre el problema de investigación, los objetivos y los métodos aplicados

Los desafíos ambientales no pueden ser abordados exclusivamente desde criterios técnicos o ecológicos, ya que también están influenciados por factores culturales, económicos y políticos que inciden en el manejo de los recursos naturales. En este contexto, se analizan dos dimensiones clave: por un lado, la disponibilidad y calidad del agua, considerada un indicador del estado ecológico del sistema; y por otro, el turismo como fenómeno social, que impulsa transformaciones en el uso del suelo, eleva la demanda de agua para actividades recreativas y reconfigura la relación entre las comunidades locales y el entorno. Esta perspectiva permite identificar y comprender, de forma amplia, los conflictos y desequilibrios que surgen cuando el desarrollo turístico se da sin una adecuada planificación, generando tensiones entre distintos

intereses – ambientales, sociales y económicos –. Además, proporciona herramientas analíticas para evaluar los efectos diferenciados de estos procesos sobre diversos actores sociales y sobre la estabilidad ecológica del territorio, lo que resulta fundamental para formular propuestas de gestión sostenible y de gobernanza participativa del recurso hídrico, con base en principios de equidad y justicia ambiental.

6.4. Tipo

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, que integra métodos cualitativos y cuantitativos. El componente cualitativo permitió comprender percepciones, experiencias y dinámicas sociales relacionadas con el turismo y el recurso hídrico, mientras que el componente cuantitativo aportó al análisis de los datos de calidad del agua y a la sistematización de encuestas comunitarias en cuanto al tipo de investigación, se clasifica como aplicada y descriptiva, dado que busca responder a un problema contextualizado en el municipio de Sopetrán y generar estrategias prácticas de gestión del recurso hídrico, a partir de la caracterización de la calidad del agua y su relación con el turismo

6.4.1. Tipo exploratorio

Se consideró de tipo exploratorio, dado que en el municipio de Sopetrán existen pocos antecedentes específicos sobre la relación entre turismo y gestión del recurso hídrico. En este sentido, el estudio buscó abrir un primer panorama acerca de cómo el turismo incide en la sostenibilidad hídrica de la cuenca alta del río Aurra, identificando variables y dinámicas relevantes que podrán ser profundizadas en futuras investigaciones.

6.4.2. Tipo descriptivo

Permitió caracterizar las condiciones actuales del recurso hídrico y las formas de gobernanza local en Sopetrán. A través de la recolección de información primaria (encuestas y

entrevistas) y secundaria (planes de ordenamiento, POMCA y reportes de CORANTIOQUIA), se describieron las principales problemáticas asociadas al turismo, la demanda de agua y la calidad hídrica en la zona de estudio.

6.4.3. Tipo explicativo

Asimismo, tuvo un componente explicativo al analizar la relación entre las dinámicas turísticas, el crecimiento territorial y las afectaciones sobre el recurso hídrico. Este nivel de análisis permitió establecer vínculos entre la expansión turística, la presión sobre rondas de agua y la percepción de la comunidad sobre los cambios en su disponibilidad y calidad.”

6.5. Población y muestra

6.5.1. Diseño de investigación Cualitativo.

El diseño de muestreo para este trabajo de grado abordó el impacto del turismo sobre la calidad del recurso hídrico en poblaciones vulnerables. Se definió que este diseño debía ser cuidadoso y bien estructurado para asegurar la validez y representatividad de los datos.

Muestreo aleatorio estratificado Descripción:

La población total fue dividida en subgrupos (estratos) con características similares (edad, género, nivel socioeconómico, localización). Posteriormente, se realizó un muestreo aleatorio dentro de cada estrato.

Ejemplo:

P Población objetivo: Comunidades rurales asociadas al municipio de Sopetrán.

P Estratificación: Por tamaño de la comunidad (pequeñas, medianas, grandes) y distancia a la Nota. de agua.

P Muestreo: Selección aleatoria proporcional de comunidades en cada estrato.

Muestreo de bola de nieve Descripción:

Se comenzó con algunos individuos que cumplían con los criterios de la población objetivo, y a partir de ellos se obtuvieron nuevas referencias para ampliar la muestra.

Ejemplo:

P Población objetivo: Personas de bajos recursos afectadas por la falta de agua.

P Muestreo: Se identificaron personas y se les pidió que refirieran a otras en la misma situación.

La investigación definió como población objetivo a las personas de bajos recursos económicos que se han visto directamente afectadas por la falta de acceso al recurso hídrico en Sopetrán. Este criterio introduce un sesgo, en la medida en que deja por fuera a otros actores sociales vinculados al uso del agua, como turistas, propietarios de parcelas o establecimientos comerciales.

No obstante, este sesgo se justifica porque el interés central de la investigación se orientó a visibilizar las experiencias y problemáticas de los grupos más vulnerables, quienes dependen de manera directa del recurso hídrico para su vida cotidiana y actividades productivas, y que a menudo son los más afectados por la presión turística y la falta de planificación territorial. En este sentido, focalizar la población en este grupo permitió profundizar en el análisis de inequidades y tensiones sociales en torno al acceso al agua, coherente con el enfoque de gestión del recurso hídrico con perspectiva social y comunitaria.

6.6. Herramientas y procedimientos

Las herramientas y procedimientos que se utilizaron en esta investigación se relacionarán en la siguiente tabla 2:

Herramientas cuantitativas: Encuestas estructuradas: Aplicadas a un total de 200 familias en áreas rurales, con el fin de conocer la percepción ciudadana sobre la relación entre turismo y

recursos hídricos.

Muestreos de agua: Realizados en el Río Aurra, comparando condiciones en sectores ubicados aguas arriba y aguas abajo. Se midieron variables como *pH*, *turbidez*, *color*, *DBO*, *DQO*, *oxígeno disuelto*, *coliformes totales*, en puntos estratégicos ubicados aguas arriba y aguas abajo de zonas con alta presencia de infraestructura turística (balnearios, fincas de recreo y establecimientos de hospedaje). El propósito de esta selección fue comparar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua en tramos donde no hay influencia turística directa con aquellos donde la presión de estas actividades es mayor.

Se midieron variables como pH, turbidez, color aparente, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto y coliformes totales, entre otros. Si bien esta metodología no permite establecer una relación causal absoluta, sí facilita identificar patrones de deterioro de la calidad hídrica asociados espacialmente a las zonas de uso turístico intensivo, aportando evidencia complementaria para el análisis de los impactos del turismo sobre el recurso hídrico.

Análisis de laboratorio: Las muestras fueron remitidas a los laboratorios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, donde se analizaron bajo métodos normalizados, tanto parámetros fisicoquímicos como microbiológicos.

6.6.1. Herramientas cualitativas:

Entrevistas semiestructuradas: Realizadas con actores clave de la comunidad local, buscando comprender las experiencias, percepciones y problemáticas asociadas a la actividad turística y el acceso al agua.

Observación directa: Efectuada durante fines de semana de alta afluencia turística, permitiendo identificar comportamientos asociados a vertimientos, acumulación de residuos y

presión sobre las rondas naturales.

Registro fotográfico: Documentó visualmente situaciones como la acumulación de desechos, el vertimiento de aguas residuales y la expansión descontrolada de construcciones turísticas.

Análisis de discurso: Aplicado a los testimonios de habitantes locales, para examinar las narrativas relacionadas con la pérdida de calidad del agua, los conflictos por el uso del recurso y los cambios en la dinámica económica y social del municipio

La investigación empleó herramientas cuantitativas y cualitativas que se integraron bajo un enfoque mixto. La Tabla 2 presenta un resumen de las principales técnicas utilizadas y los procedimientos asociados, con el fin de mostrar la articulación metodológica entre ambas perspectivas y su contribución al cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Tabla 2.

Herramientas para la investigación.

Investigación mixta			
Cuantitativa		Cualitativa	
Herramientas	Procedimientos	Herramientas	Procedimientos
Encuestas	Diseño de muestra	Entrevistas	Diseño de entrevistas
Mediciones	Recolección de datos	Observación	Registro de datos
Análisis	Interpretación	Análisis de discurso	Categorización
Muestreos	Presentación de resultados	Registro fotográfico	Sistematización

Nota. Elaboración propia a partir de Creswell y Plano Clark (2018), Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), Flick (2015) y Yin (2018).

6.7. Análisis de datos.

El análisis de datos en el municipio de Sopetrán se orientó a evaluar el comportamiento de la calidad del recurso hídrico, a partir de actividades de recopilación, procesamiento y evaluación de información estratégica para la gestión local. Estas actividades incluyeron:

La aplicación de encuestas a diferentes grupos comunitarios, con el fin de identificar percepciones y prioridades en torno al agua.

La recolección de información mediante trabajo de campo, integrando fuentes secundarias y datos primarios, así como el fortalecimiento de la interacción con la comunidad.

La realización de estudios en sectores sociales, ambientales y económicos, buscando generar información confiable y pertinente.

El desarrollo de muestreos y análisis fisicoquímicos para determinar la calidad del recurso hídrico.

La clasificación e identificación de actores locales, considerando sus roles, intereses y niveles de influencia en la gestión del recurso.

6.8. Hipótesis y variables:

El crecimiento del turismo y la urbanización en el municipio de Sopetrán influye significativamente en el aumento de la demanda y el deterioro de la calidad del recurso hídrico en la cuenca alta del Río Aurra.

H1.1: El incremento en el número de visitantes y establecimientos turísticos está correlacionado con una mayor demanda de agua en la zona rural de Sopetrán.

H1.2: Las actividades turísticas sin planificación contribuyen al aumento de vertimientos y a la disminución de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua.

H1.3: La falta de gestión participativa y planificación territorial agrava los conflictos

socioambientales relacionados con el acceso al recurso hídrico en la región.

6.9. Variables

Variable Independiente:

Crecimiento del turismo Indicadores:

Número de visitantes por temporada

Cantidad de balnearios, hostales, parcelaciones turísticas

Uso del suelo con fines turísticos Variables Dependientes:

Demanda hídrica

Indicadores:

Volumen de consumo de agua en temporada alta vs. baja

Uso de agua por tipo de actividad (doméstica, turística, agrícola)

Calidad del recurso hídrico

Indicadores:

Parámetros fisicoquímicos (pH, DBO, turbiedad, conductividad)

Parámetros microbiológicos (mes fecales, E. coli)²

Presencia de residuos sólidos y vertimientos Variables Intervinientes o de control

(contextuales):

Urbanización no planificada

Gestión institucional

Participación comunitaria

Normativa ambiental local

7. RESULTADOS OBTENIDOS

7.1. Integración metodológica y generación de estrategias

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto con estrategia de triangulación, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una visión amplia del impacto del turismo en el recurso hídrico de Sopetrán. La población objetivo estuvo conformada por familias rurales de bajos recursos afectados por la falta de acceso al agua, seleccionadas mediante un muestreo no probabilístico tipo bola de nieve, lo que introduce un sesgo de representatividad, pero se justifica porque permitió acceder a los grupos más vulnerables y directamente afectados. En el componente cuantitativo se aplicaron 200 encuestas estructuradas a hogares rurales y se realizaron muestreos de agua en el río Aurra, en puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo de zonas con alta presencia turística, midiendo variables fisicoquímicas y microbiológicas (pH, turbidez, color, DBO, DQO, oxígeno disuelto, coliformes, entre otros). En el componente cualitativo se realizaron entrevistas semiestructuradas a actores locales, observación directa en fines de semana de alta afluencia turística, registros fotográficos y análisis de discurso de los testimonios, lo que permitió identificar narrativas comunitarias sobre la pérdida de calidad del agua, conflictos por el uso del recurso y tensiones con el crecimiento turístico. Los datos cuantitativos fueron sistematizados en matrices comparativas y los cualitativos categorizados temáticamente, lo que permitió realizar una triangulación de hallazgos y garantizar la validez del análisis. Este proceso evidenció que, en las zonas de mayor presión turística, los niveles de contaminación del recurso hídrico presentaron valores más altos de turbidez, DBO y presencia de coliformes, en comparación con sectores de baja intervención.

A nivel social, los testimonios de la comunidad reflejaron una percepción generalizada

de disminución en la calidad y disponibilidad del agua. Estos resultados responden directamente al objetivo de evaluar el impacto del turismo sobre el recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, aportando evidencia para el diseño de estrategias de gestión sostenible en la cuenca alta del río Aurra.

7.2. Primer objetivo: Determinar los impactos sociales y ambientales en la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán derivada de las prácticas turísticas, mediante la observación en campo y aplicación de entrevistas.

Dentro de las actividades realizadas tales como investigación documental, aplicación de encuestas orientadas a la identificación y recopilación de información relevante para caracterizar el manejo integral del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán. Como parte del diagnóstico, se evidenció un crecimiento sostenido en la actividad turística, el cual representa una presión significativa sobre los recursos hídricos locales.

El análisis de la información cuantitativa y cualitativa permitió identificar la relación directa entre el incremento del turismo y los impactos sobre el recurso hídrico en la cuenca del río Aurra. En los muestreos de agua realizados aguas abajo de las zonas con mayor afluencia turística se registraron valores superiores de turbidez, DBO y presencia de coliformes, en comparación con los puntos de referencia ubicados aguas arriba sin intervención turística. De manera complementaria, las encuestas y entrevistas a la comunidad revelaron percepciones de deterioro en la calidad del agua, asociadas a la proliferación de balnearios y fincas recreativas. La triangulación de estos resultados permitió concluir que el turismo no regulado ha generado impactos significativos, particularmente en la disminución de la calidad del recurso hídrico, el aumento en la generación de aguas residuales y la inadecuada disposición de residuos sólidos en

el municipio

7.2.1. Calidad del agua

En la cuenca del Río Aurra se dispone de información generada por la Corporación Autónoma Regional, obtenida a través de dos instrumentos clave: la Red de Monitoreo de Corrientes Abastecedoras (RED PIRAGUA) y el seguimiento de calidad de agua con base en los objetivos de calidad establecidos en la Resolución 9503 de 2007. A esta información se suma la recopilada durante la formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del Río Aurra, desarrollado en el año 2015.

La RED PIRAGUA realiza mediciones periódicas, al menos una vez al año, sobre las fuentes abastecedoras ubicadas en la parte alta de la cuenca. Además, ha llevado a cabo monitoreos en el Río Aurra en su tramo bajo, una vez ha recibido aportes de aguas residuales a lo largo de su cauce y sus afluentes, con el fin de evaluar el cumplimiento de los Objetivos de Demanda de calidad.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos a partir de estos ejercicios de monitoreo, junto con su respectivo análisis técnico, para facilitar una interpretación integral de las condiciones del recurso hídrico en la zona de estudio

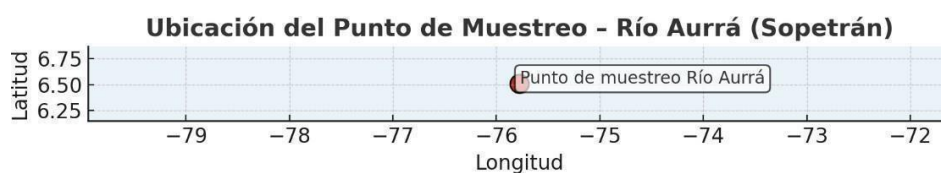
Ficha del punto de monitoreo - SOPQ10

Tipo de estación: Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) Código: SOPQ10

Estado de la calidad del agua: + *Deficiente*

Territorial: Hevéxicos Municipio: Sopetrán Ubicación: ODC-PORH Nota.: Afluente
Aurra Altitud: 542 msnm

Coordenadas: 6.51086, -75.77719.

Figura 3.*Puntos de muestreo.*

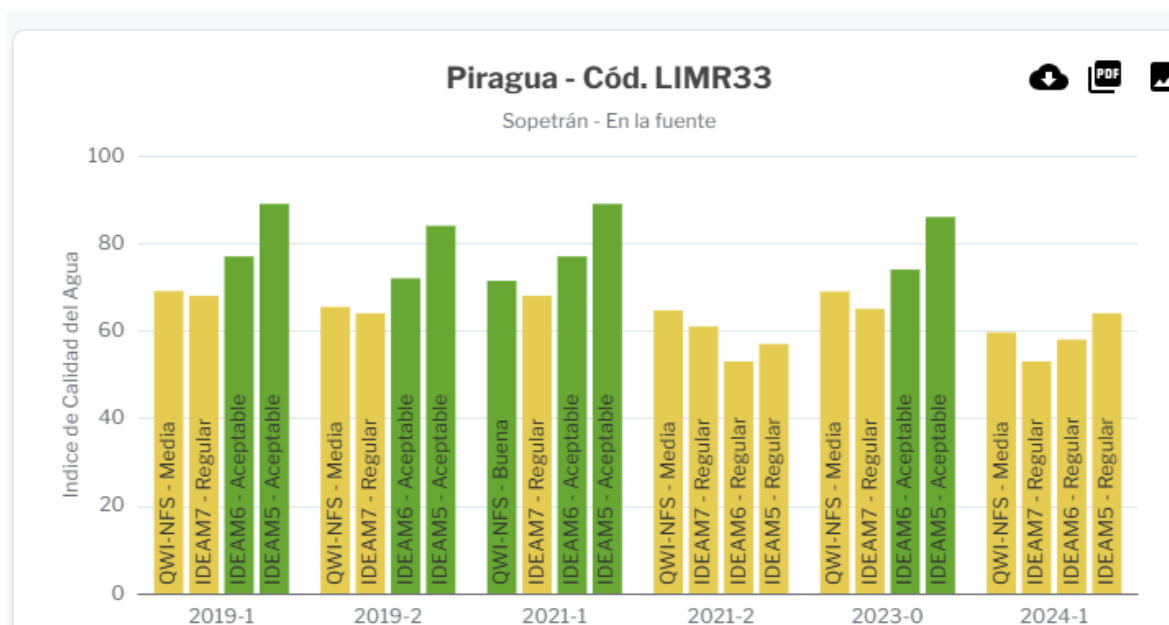
Nota. Elaboración propia (2025), con base en coordenadas de PIRAGUA (Corantioquia).

Seguidamente se presenta la figura del punto LIMR33 en el municipio de Sopetrán la cual muestra que la calidad del agua en la cuenca del Río Aurrá la cual varía entre aceptable, media y regular según el índice utilizado (QWI-NFS, IDEAM7, IDEAM6, IDEAM5). Los mejores resultados se registraron en 2019-2, 2021-1 y 2023-0, especialmente con IDEAM5 e IDEAM6, mientras que en 2021-2 y 2024-1 se observó una disminución en la calidad en todos los índices.

En general se observó una variabilidad en el estado del agua.

Figura 4.

Índice de calidad de agua en la fuente Piragua – Cód. LIMR33 (Sopetrán).



Nota. Figura tomada de CORANTIOQUIA. (s.f.). *Geo portal físico-químico PIRAGUA.*

Recuperado en julio de 2025, de <https://piragua.corantioquia.gov.co/geoportal/fisicoquimico>.

Adicionalmente se hizo el respectivo análisis de los parámetros tomados de la información obtenida por la Corporación mediante la red de monitoreo de corrientes abastecedoras (RED PIRAGUA) para el año 2021 y el año 2024 respectivamente

En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del recurso hídrico en la fuente evaluada para la vigencia 2021, con el propósito de caracterizar su estado de calidad. Los indicadores incluidos —como oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica, coliformes y nutrientes— permiten identificar tanto las condiciones naturales del agua como las posibles presiones antrópicas derivadas de actividades turísticas y usos locales. Esta información constituye la base para evaluar la aptitud del recurso frente a la normativa ambiental vigente y su importancia en la gestión integral de la cuenca

Tabla 3. Análisis de parámetros.

Parámetro	Muestra	Unidad
Caudal	6950	L/s
Conductividad eléctrica	120.5	μS/cm
Oxígeno Disuelto	7.4	mg O ₂ /L
Porcentaje de Saturación de Oxígeno	102.3	% SAT O ₂
Ph	7.88	Unidades de pH
Temperatura Ambiente	29.1	Celsius
Temperatura del Agua	28.5	Celsius
Alcalinidad total	43.1	mg CaCO ₃ /L
Cianuro total	0.05	mg CN/L
Cloruros	5	mg Cl/L
<i>Coliformes totales, nmp</i>	224.7	NMP/100mL
Color verdadero	40	UPC
DBO ₅ total	3.82	mg O ₂ /L
DQO total	58.6	mg O ₂ /L
Dureza total	57	mg CaCO ₃ /L
<i>Escherichia coli, nmp</i>	25.75	NMP/100mL

Fosfatos (ortofosfatos)	0.5	mg PO ₄ /L
Fósforo total	0.27	mgP/L
Mercurio total	0	mg Hg/L
Nitratos	1.1	mg NO ₃ /L
Nitritos	0.03	mg NO ₂ -N
Nitrógeno total	2.5	mg N/L
Plomo total	0.01	mg Pb/L
SST - Sólidos suspendidos totales	478	mg/L
SST - Sólidos totales	796	mg/L
Sulfatos	9.3	mg SO ₄ /L
Detergentes - Surfactantes aniónicos	0.1	mg SAAM/L
Turbidez	559	NTU

Nota. CORANTIOQUIA. (s.f.). *Monitoreo de calidad del agua – Red PIRAGUA*. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA.

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos del recurso hídrico en la fuente evaluada para la vigencia 2024, con el propósito de caracterizar su estado de calidad con respecto a los análisis realizados en la vigencia 2021.

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del agua en el punto LIMR33.(2024).

Parámetro	Muestra	Unidad
Caudal	4759.2	L/s
Conductividad eléctrica	170	μS/cm
Oxígeno Disuelto	7.91	mg O ₂ /L
Porcentaje de Saturación de Oxígeno	103.9	% SAT O ₂
pH	7.92	Unidades de pH
Temperatura Ambiente	31.6	Celsius
Temperatura del Agua	25.8	Celsius
Alcalinidad total	58.7	mg CaCO ₃ /L
Cianuro total	0.05	mg CN/L
Cloruros	6.11	mg Cl/L
<i>Coliformes totales, nmp⁴</i>	488400	NMP/100mL
Color verdadero	35.7	UPC
DBO ₅ total	2.36	mg O ₂ /L
DQO total	34.6	mg O ₂ /L
Dureza total	81.8	mg CaCO ₃ /L

<u>Escherichia coli, nmp1</u>	60200	NMP/100mL
Fosfatos (ortofosfatos)	0.5	mg PO ₄ /L
Fósforo total		mg P/L
Mercurio total	0	mg Hg/L
Nitratos	110	mg NO ₃ /L
Nitritos	0.03	mg NO ₂ -N
Nitrógeno total	2.5	mg N/L
Plomo total	0.01	mg Pb/L
SST - Sólidos suspendidos totales	248	mg/L
ST - Sólidos totales	646	mg/L
Sulfatos	18.5	mg SO ₄ /L
Detergentes - Surfactantes aniónicos	0.1	mg SAAM/L
Turbidez	679	NTU

Nota. CORANTIOQUIA. (s.f.). Monitoreo de calidad del agua –Red PIRAGUA. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA.

Las bacterias utilizadas para el análisis microbiológico del agua corresponden a coliformes fecales, específicamente *Escherichia coli*, las cuales son organismos indicadores comúnmente empleados para evaluar la contaminación de origen fecal en cuerpos de agua superficiales. Su presencia sugiere una posible contaminación por aguas residuales o desechos de origen humano o animal.

Al realizar el análisis de acuerdo con lo encontrado en la vigencia 2021 respecto a los datos de 2024 se elaboró el siguiente análisis.

La disminución del caudal en una Nota. hídrica como el Río Aurra (punto LIMR33) pudo deberse a varios factores, tanto naturales como antrópicos, de acuerdo a las encuestas realizadas a la comunidad las actividades agrícolas, pecuarias o de abastecimiento humano pueden extraer grandes volúmenes de agua sin regulación adecuada adicionalmente las nuevas construcciones y parcelaciones generan un aumento en las captaciones de agua, si bien las muestras fueron realizadas en el primer semestre de ambos años las condiciones de precipitación también influyen en el cambio significativo del caudal.

La conductividad en el agua es un parámetro que refleja su capacidad para conducir corriente eléctrica, la cual está estrechamente relacionada con la cantidad de sales disueltas presentes en la muestra. Esta conductividad aumenta en función de la concentración de iones como cloruros, sodio, calcio, magnesio, entre otros, que facilitan el paso de la corriente eléctrica a través del líquido. Por eso, un cambio en la conductividad se pudo deber a varios factores tales como mayor concentración de sales por evaporación o menor dilución, el vertimiento de aguas industriales o domésticas no tratadas, lo cual pudo elevar rápidamente la conductividad o reducción del caudal y a su vez concentrar los sólidos disueltos, según las encuestas realizadas los residentes tienden a tener una percepción de que la disposición de aguas residuales ha aumentado en los últimos años lo cual puede influir de manera directa.

El aumento de la alcalinidad en el agua se debe a una mayor presencia de iones que neutralizan ácidos, especialmente bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) y, en menor medida, hidróxidos (OH^-). Según la comparación realizada en ambas tablas, para el año 2024 se evidencia un aumento en la alcalinidad la cual pudo ser provocada por la disminución en el caudal lo que condujo a tener menor dilución o en su defecto la mayor concentración de compuestos alcalinos o las aguas residuales con detergentes o productos con alcalinizantes; El incremento de coliformes totales 5 de 224.70 NMP/100 mL en 2021 a 488.400 NMP/100 mL en 2024 representó un aumento exponencial de más del 217.000%.

Esto indicó una contaminación fecal severa y progresiva en el cuerpo de agua, lo cual sugiere un deterioro notable de la calidad microbiológica del Río Aurra. Para el año 2021 se tenía un *Escherichia coli*, nmp ²de 25.75 NMP/100mL y en el 2024 se tuvo una de 60200.00 NMP/100mL, lo cual es muy alta y representa un grave deterioro de la calidad microbiológica del agua ya que su presencia en niveles tan altos sugiere que el agua ha sido contaminada con

excretas humanas o animales.

En el punto de monitoreo LIMR33 se identificó una reducción de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) de 478,00 mg/L en 2021 a 248,00 mg/L en 2024. Esta disminución pudo estar relacionada con una menor escorrentía superficial, procesos de estabilización del suelo o reducción de fuentes contaminantes sólidas, la mejoría en este parámetro indica una disminución en la carga de sedimentos y materia particulada, lo cual fue un indicador de favorecimiento en la calidad ecológica del cuerpo de agua.

En el punto LIMR33 se evidenció un aumento en la concentración de sulfatos, pasando de 9,30 mg/L en 2021 a 18,50 mg/L en 2024. Este incremento pudo estar asociado a procesos naturales de disolución mineral en la cuenca, o a aportes difusos derivados de la actividad agrícola o vertimientos puntuales. Aunque los valores se mantienen dentro de límites permisibles para el uso del agua, la tendencia ascendente podría indicar una creciente presión sobre la calidad química del recurso hídrico.

Las bacterias utilizadas para el análisis microbiológico del agua corresponden a coliformes fecales, específicamente *Escherichia coli*, las cuales son organismos indicadores comúnmente empleados para evaluar la contaminación de origen fecal en cuerpos de agua superficiales. Su presencia sugiere una posible contaminación por aguas residuales o desechos de origen humano o animal.

7.2.2. Turismo

La intensificación del turismo en Sopetrán se refleja en la concentración de visitantes en el espacio público y en la dinamización de actividades recreativas (véase Figura 5). Entre 2021 y 2024, el número de prestadores con RNT aumentó un 166 %, pasando de 115 a 306, lo que equivale a una tasa media anual del 38,6 % y evidencia una ampliación sostenida de la oferta de alojamiento y servicios de esparcimiento (véase Tabla 4)."

La Figura 5. ilustra algunas de las principales actividades turísticas que se desarrollan en el parque principal del municipio, donde se concentra la mayor afluencia de visitantes y residentes en espacios de recreación y esparcimiento.

Figura 5. Actividad turística en el parque principal del municipio



Nota: Elaboración propia (fotografías tomadas por el equipo de investigación, 2025)

En la **Tabla 5** se presenta la evolución de la infraestructura turística y la presión generada en Sopetrán entre 2021 y 2024. Se observa un incremento sostenido en el número de prestadores de servicios turísticos registrados en el RNT y en los niveles de ocupación. Estos indicadores evidencian el crecimiento turístico sobre la infraestructura local como el dinamismo del sector en el municipio

Tabla 5. Infraestructura y presión turística en Sopetrán (2021–2024).

Año	Prestadores RNT – Total	Ocupación (%)
2021	115	49,4

2022	192	73,4
2023	259	66,21
2024	306	87,2

Nota. La ocupación corresponde a Antioquia (contexto departamental). ¹Dato del primer semestre de 2023. Para 2024 no se dispone de promedio anual al momento del cierre del documento. Los valores de RNT son el total de prestadores activos en Sopetrán por año (panel RNT–BI).

Durante el trabajo de campo se identificaron efectos negativos vinculados a esa presión de uso, entre ellos la acumulación de residuos sólidos y la presencia de infraestructura sanitaria con descargas hacia cauces o canales en zonas urbanas y rurales (véanse Figuras 5 y 6). Estas evidencias son descriptivas y, por sí solas, no prueban el origen de los vertimientos. Por ello, la relación entre presión turística y deterioro de la calidad del agua se plantea como hipótesis a verificar cuantitativamente: se contrastarán series de calidad del agua (E. coli, DBO₅, DQO, SST, turbidez) con ingresos por alojamiento y comidas, ocupación, pernoctaciones y RNT, controlando precipitación y estacionalidad. Los resultados del contraste se presentan en la sección de análisis del segundo objetivo.

En la figura 6 se ilustra cómo los residuos generados en la zona, arrastrados por la esorrentía, terminan contaminando las fuentes hídricas del municipio. Esta imagen también pone en evidencia el vertido de aguas residuales en estos cuerpos de agua, lo que resalta la preocupación sobre la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental de las fuentes que abastecen al municipio.

Figura 6.

Registro fotográfico de la generación de residuos y vertimientos.



Nota. *Elaboración propia*

(fotografía tomada el 22 de junio de 2025, vereda El Rodeo, Sopetrán).



Nota. *Elaboración propia*

(fotografía tomada el 23 de junio de 2025, vereda El Rodeo, Sopetrán).



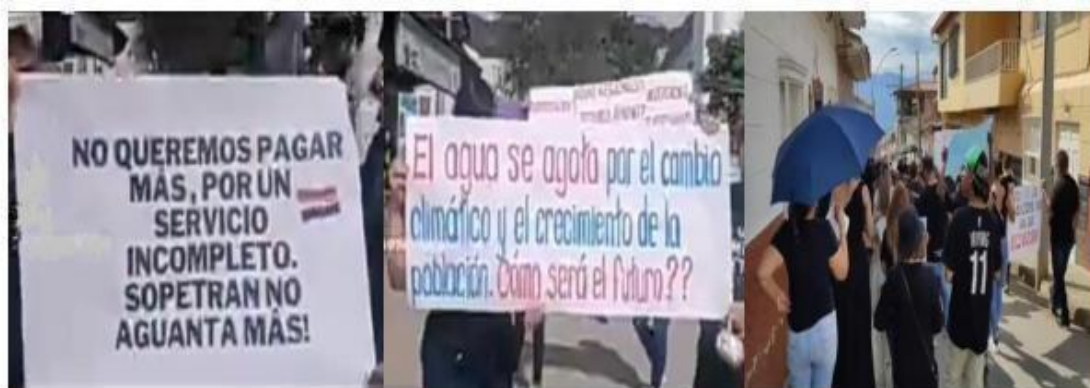
***Nota.** Elaboración propia (fotografía tomada el 25 de mayo de 2024, Parcelación Tierra del Sol, Sopetrán).*

Adicionalmente, se documentó movilización ciudadana por problemas de abastecimiento de agua (véase Figura 7), lo cual es pertinente como evidencia contextual de percepción social y posibles tensiones sobre los servicios públicos. Esta observación no implica causalidad con el turismo; se utiliza únicamente para contextualizar los hallazgos y se contrasta con la información técnico-ambiental y socioeconómica presentada.

La Figura 7 evidencia la movilización ciudadana en el municipio de Sopetrán en respuesta a los problemas de abastecimiento de agua que afectan a la comunidad. La imagen, capturada de publicaciones en redes sociales, refleja la participación activa de los habitantes en la defensa y exigencia de sus derechos hídricos, demostrando cómo la escasez de este recurso

esencial genera acciones colectivas y visibiliza la urgencia de implementar estrategias de gestión sostenible del agua en la región.

Figura 7. Marcha ciudadana en Sopetrán por problemas de abastecimiento de agua



Nota: Captura tomada de publicaciones en redes sociales. *Nota.* Historia fotográfica del municipio de Sopetrán [Facebook Group]. (2024). <https://m.facebook.com/groups/789565174507057/>

7.2.3. Vertimientos

En el estudio observacional realizado, se identificaron alteraciones evidentes en los recursos hídricos superficiales, observados la Figura 7. (Registro fotográfico de vertimientos) manifestadas principalmente a través de signos visibles de degradación ambiental, aunque estas observaciones se basaron en criterios visuales, fueron complementadas y validadas mediante conversaciones informales con habitantes de la zona, quienes confirmaron la presencia de cambios negativos en la calidad del agua y en el entorno del río.

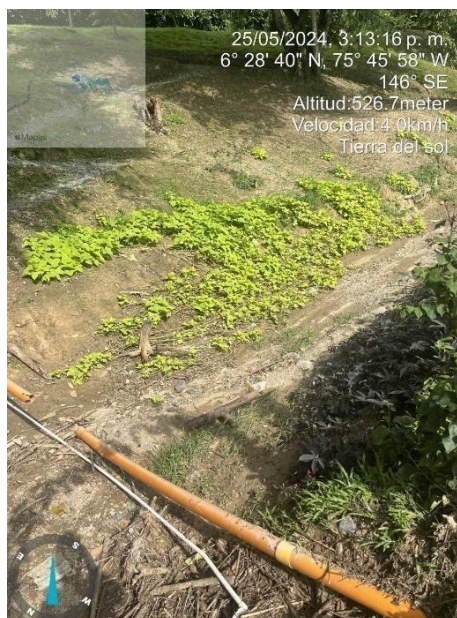
Adicionalmente, el análisis metodológico permitió establecer variaciones significativas en los parámetros físicoquímicos del cuerpo de agua, lo que evidencia un deterioro progresivo en su calidad. Estos resultados sugieren una presión creciente sobre el ecosistema hídrico, posiblemente

asociada a actividades humanas como el turismo, los vertimientos y el crecimiento urbano sin planificación.

En la figura 8 se observa la presencia de descargas de aguas residuales en distintos puntos del municipio de Sopetrán, algunas provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de parcelaciones, y otras resultantes de vertimientos directos de unidades de vivienda.

Figura 8. Registro fotográfico de vertimientos.





Nota: Elaboración propia (fotografías tomadas el 23 de junio de 2025 de Sistema de conducción y vertimiento en zonas turística)

7.3. Segundo objetivo: Caracterizar el estado de la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, con base en las mediciones realizadas en puntos críticos asociados al impacto de la actividad turística.

Este apartado presenta los hallazgos correspondientes al segundo objetivo específico, el cual se enfocó en analizar el estado actual de la calidad del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, a partir de los efectos generados por las actividades turísticas. El análisis responde a la necesidad de entender, desde una mirada técnica y contextualizada, de qué manera las prácticas relacionadas con el turismo recreativo impactan directamente en las características fisicoquímicas y biológicas de las fuentes de agua localizadas en las zonas con mayor concentración de visitantes.

Para ello, se realizó un seguimiento a distintos indicadores de calidad del agua,

complementado con la revisión de información ambiental y datos registrados a nivel local. Esta caracterización buscó establecer una base de referencia que permita evaluar las condiciones actuales del recurso hídrico. Variables como la turbidez, el pH, el nivel de oxígeno disuelto y la presencia de coliformes fueron fundamentales para determinar el grado de afectación de los cuerpos de agua y la integridad de los ecosistemas acuáticos.

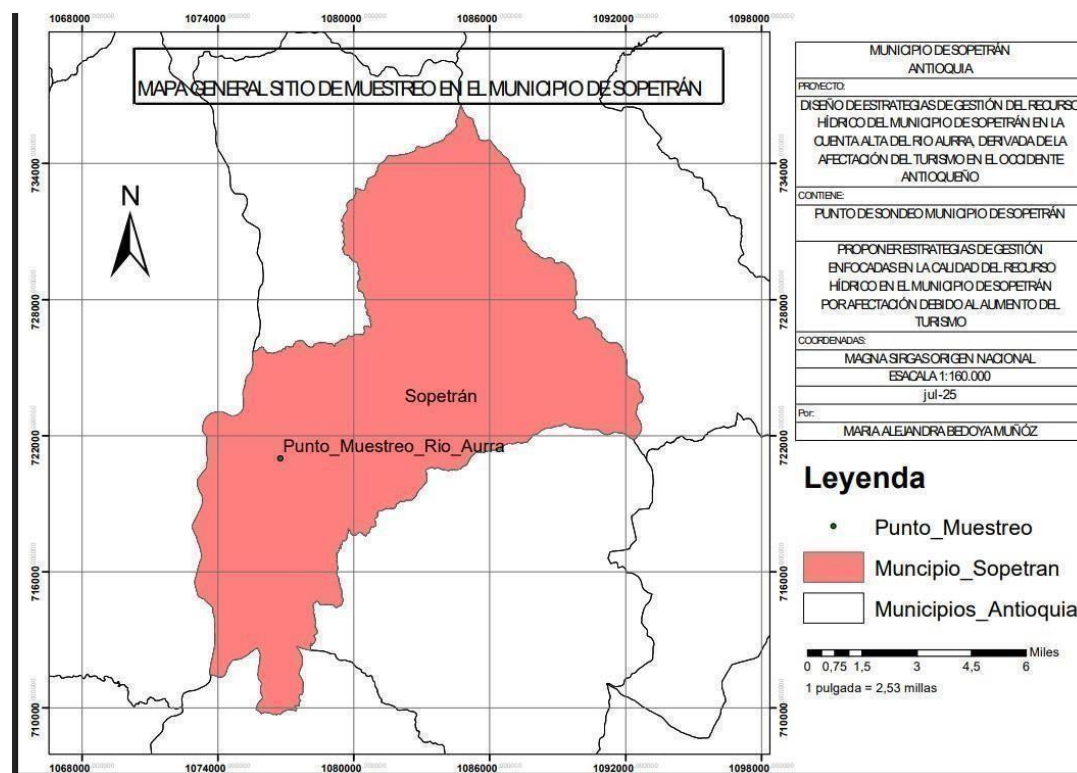
Los resultados obtenidos se convierten en un insumo clave para comprender los impactos acumulativos que genera el turismo sobre los recursos hídricos en Sopetrán. Asimismo, ofrecen una base técnica que contribuyó a la toma de decisiones en materia de gestión ambiental y permitió, formular propuestas y estrategias orientadas a la protección y recuperación del recurso hídrico en el municipio.

7.3.1. Análisis de la calidad del agua

Dando cumplimiento al objetivo del trabajo de grado se llevó a cabo la recolección de muestras de agua en el Río Aurra, específicamente en el sector Los Almendros, municipio de Sopetrán, en el punto georreferenciado con coordenadas 1.141.811,87 N y 1.211.192,96 E.

En la figura 9 se identifica el punto de muestreo realizado en la cuenca del río, sector Los Almendros, municipio de Sopetrán.

Figura 9. Mapa de sitio de muestreo.



Nota: Elaboración propia (2025).

En la figura 10 se realizó la toma de muestras aguas arriba y aguas abajo del punto señalado con el propósito de evaluar las condiciones de calidad del recurso hídrico en el tramo intervenido.

Figura 10.

Recolección de muestra de agua en el Río Aurra, sector Los Almendros, municipio de Sopetrán.



Nota. Elaboración propia (2025).

Se realizaron los análisis fisicoquímicos de las muestras tomadas anteriormente en los laboratorios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en donde se midieron lo que son parámetros fisicoquímicos como color, turbiedad, pH entre otro, los cuales se describen en la siguiente tabla y en las siguientes imágenes en la Figura 11 (Procesamiento de muestras de laboratorio) y la Tabla 6. (Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá)

Figura 11.

Procesamiento de muestras de laboratorio.



Nota. Elaboración propia (2025).

Tabla 6.

Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Calidad de agua Río Aguas Arriba			Calidad de agua Río Aguas abajo		
Parámetros	Resultado	Unidades	Parámetros	Resultados	Unidades
	S				
pH	6.46		pH	5.90	
Color	34	UPC	Color	>100	UPC
Turbiedad	2.79	NTU	Turbiedad	510	NTU
Conductividad	9.80	μS/cm	Conductividad	500	μS/cm
Oxígeno disuelto	7.38	(mg O ₂ /L)	Oxígeno disuelto	5,61	(mg O ₂ /L)
Microbiológico	40.110	NMP/10 0mL	Microbiológico	125.600	NMP/100 mL
DBO	< 2,00	mg O ₂ /L	DBO	3,03	mg O ₂ /L
DQO	< 2,00	mg O ₂ /L	DQO	79,6	mg O ₂ /L

Nota. Elaboración Propia (2025).

Los resultados obtenidos en estos análisis encontrados en Tabla 6. (Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá) indicaron cómo cambian los criterios físico químicos en el agua en la parte baja como en la parte

alta, encontrando que si se evidencia un cambio sustancial en el manejo y control del cuerpo de agua evidenciando hasta incumplimiento de algunos parámetros del cuerpo del río aguas abajo según los parámetros establecidos en la resolución 0631 de 2015 en Colombia o las guías de calidad establecidas por la OMS para aguas superficiales.

7.3.2. *Análisis del vertimiento*

Se realizaron los análisis fisicoquímicos de las muestras tomadas anteriormente aguas abajo con el fin de evaluar la presencia de algunos vertimientos estos análisis se realizaron en los laboratorios de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, en donde se midieron lo que son parámetros fisicoquímicos como color, turbiedad, pH entre otros los cuales se describen en la siguiente Tabla 6. (Parámetros fisicoquímicos aguas debajo de la Nota.) analizados en el laboratorio de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.)

Se realizó un análisis de la calidad del agua en un punto específico ubicado aguas abajo del Río Aurra, con el propósito de identificar posibles impactos ambientales sobre el cuerpo hídrico.

Los datos recolectados encontrados en Tabla 6. (*Parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá*) permitieron evaluar el nivel de alteración del recurso hídrico y compararlo con los estándares establecidos en la normativa colombiana, en particular la Resolución 0631 de 2015, así como con las guías de calidad para aguas superficiales de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Principales hallazgos:

Los resultados del monitoreo evidenciaron una alteración significativa en la calidad del agua en este tramo del río, manifestada en los siguientes aspectos:

- Un nivel elevado de turbidez y un pH por debajo del rango recomendado

- Alta concentración de microorganismos indicadores de contaminación fecal.
- Probable presencia de compuestos orgánicos y sustancias que afectan el color del agua.
- Aunque los niveles de oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de los rangos mínimos aceptables, las condiciones generales podrían no ser adecuadas para preservar una fauna acuática saludable.

7.3.3. *Análisis de las respuestas de la encuesta de percepción*

Este apartado tiene como finalidad exponer e interpretar los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas, diseñadas con el objetivo de indagar sobre las percepciones, experiencias e impactos asociados al turismo en relación con el recurso hídrico en el municipio de Sopetrán. Esta técnica metodológica facilitó la recolección de información directa de actores relevantes del territorio, entre ellos habitantes locales, operadores turísticos y visitantes, permitiendo identificar tanto los aportes como las problemáticas generadas por esta actividad en los ámbitos ambiental y socioeconómico.

La información obtenida a través de las encuestas como se evidencia en la figura 12.(Evidencias de encuestas) complementa el análisis técnico de la calidad del agua, ya que reveló cómo es percibida y vivida la actividad turística por quienes mantienen un vínculo permanente o frecuente con el entorno. Asimismo, estos datos permitieron contextualizar los efectos identificados, contrastar con otros hallazgos del estudio y apoyar el diseño de estrategias orientadas a una gestión ambiental más participativa e integral.

En las secciones siguientes se presentan los principales resultados, agrupados de acuerdo con las categorías clave incluidas en el instrumento aplicado: percepción general del turismo, estado del recurso hídrico, impactos ambientales, beneficios económicos percibidos y sugerencias para mejorar la gestión territorial.

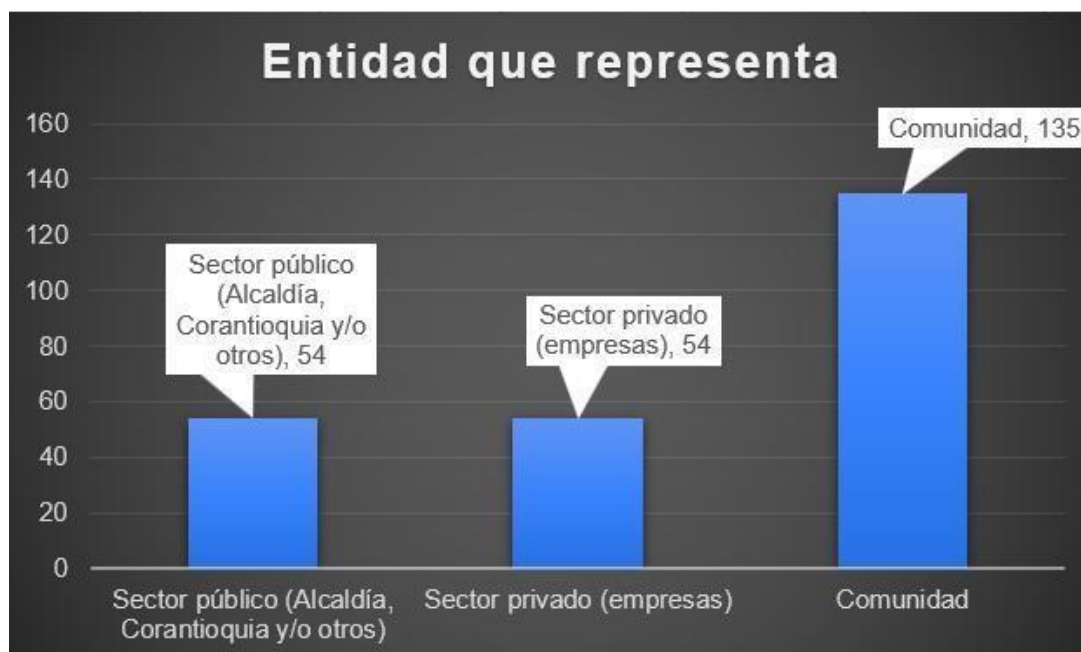
Figura 12. Encuestas realizadas



Nota. Elaboración propia (2025).

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos de la encuesta realizada en el municipio de Sopetrán obteniendo los siguientes resultados:

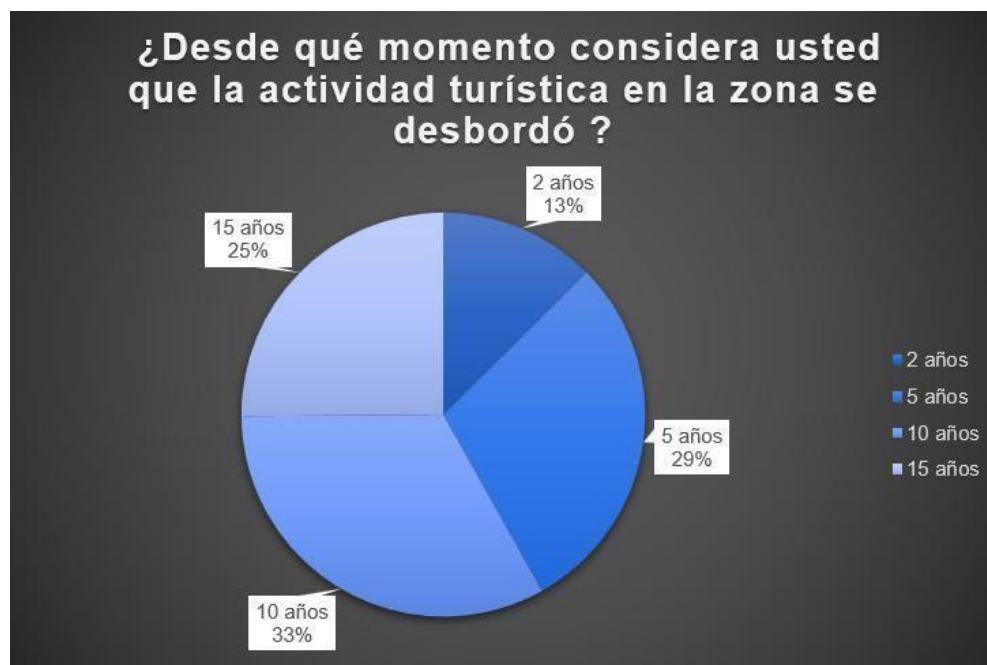
Figura 13. Entidad que representa



Nota. Elaboración propia (2025).

La población en la que se realizó la encuesta perteneciente al municipio de Sopetrán se organizó en tres diferentes sectores uno el público, el privado y la comunidad obteniendo como resultado que las personas donde más se realizó la encuesta fueron personas que están ubicadas en los corregimientos rurales “comunidad” seguido por los actores públicos y privados encontrados en Figura 13. Entidad que representa.

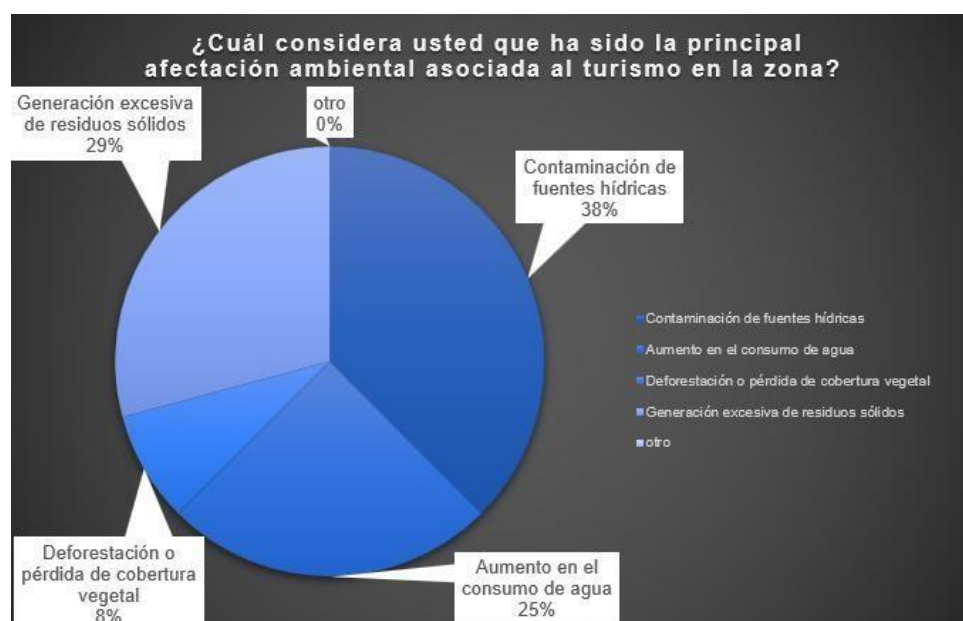
Figura 14. Desborde de actividad turística.



Nota. Elaboración propia (2025).

La figura 14.(Desborde de actividad turística) Muestra la respuesta a la pregunta “¿Desde qué momento considera usted que la actividad turística en la zona se desbordó?” los resultados obtenidos mostraron que hay dos periodos que resaltan sobre los demás en el aumento del turismo uno hace 10 años el cual representa el 33% de la población y el otro hace 5 años con el 29% en estos dos periodos se evidenció los diferentes picos en el aumento del turismo.

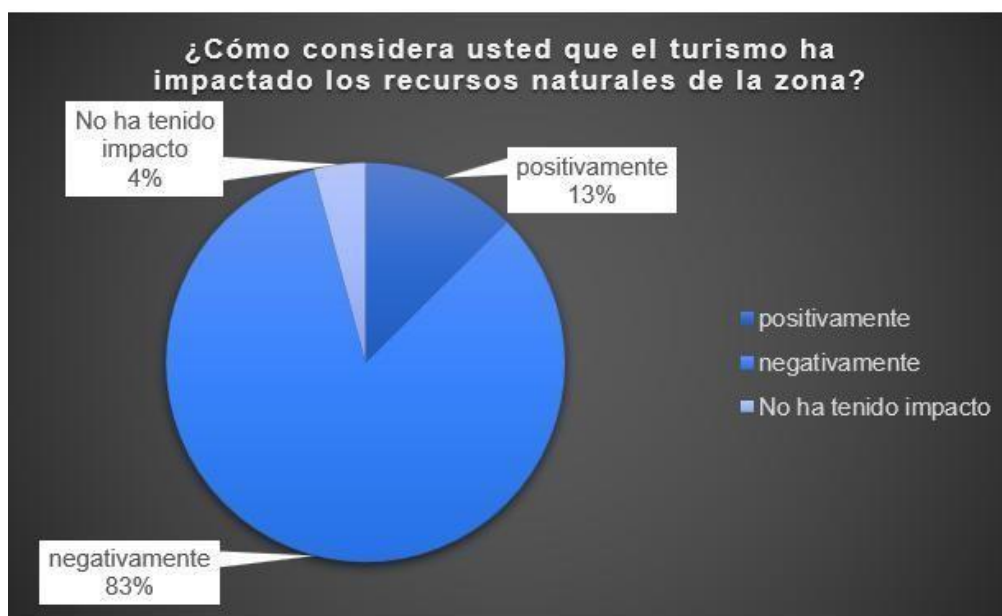
Figura 15 Principal afectación ambiental



Nota. Elaboración propia (2025).

En la figura 15 la Principal afectación ambiental se evidencia que el 38% de las encuestas identifica como la principal afectación ambiental la contaminación de fuentes hídricas atribuidas al turismo, esta percepción hace ver la afectación que existe sobre los recursos hídricos locales, el 63% de las respuestas combinadas resalta una afectación al recurso hídrico entre la contaminación y la demanda del agua con el 25%.

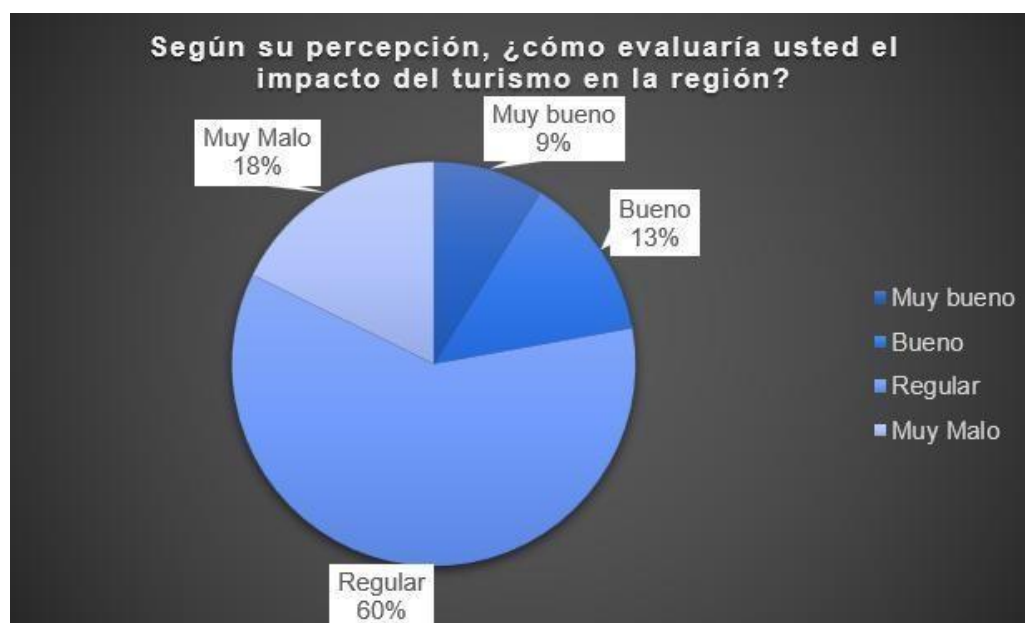
Figura 16. Impacto del turismo en los recursos naturales



Nota. Elaboración propia (2025).

En esta figura 16, la obtención de resultados evidencia que el 83 % de las personas entrevistadas considera que el turismo tiene un impacto negativo en los recursos naturales de la zona. Las principales problemáticas identificadas son la afectación a las fuentes hídricas y la generación de residuos sólidos, lo que refleja las deficiencias del municipio en su gestión ambiental."

Figura 17. Impacto del turismo en la región



Nota.: Elaboración propia (2025).

La figura 17. Impacto del turismo en la región. Si bien la pregunta se centra en la "percepción del impacto", los resultados negativos reflejan las consecuencias tangibles de la actividad turística en los recursos naturales de la región. En conclusión, la percepción negativa dominante de la población subraya la necesidad de implementar estrategias de gestión turística más sostenibles que mitiguen estos impactos ambientales.

Figura 18. Tiempo de subsistencia en la zona.



Nota. Elaboración propia (2025).

En esta figura 18. Tiempo de subsistencia en la zona se evidencia que el 67 % de los encuestados son personas que llevan más de 10 años viviendo en el municipio esto implica que son personas que conocen más a fondo los diferentes cambios que la región ha sufrido con todos sus factores, es por esto por lo que esta encuesta toma más peso y que las opiniones dadas en esta encuesta son más arraigadas a la comunidad.

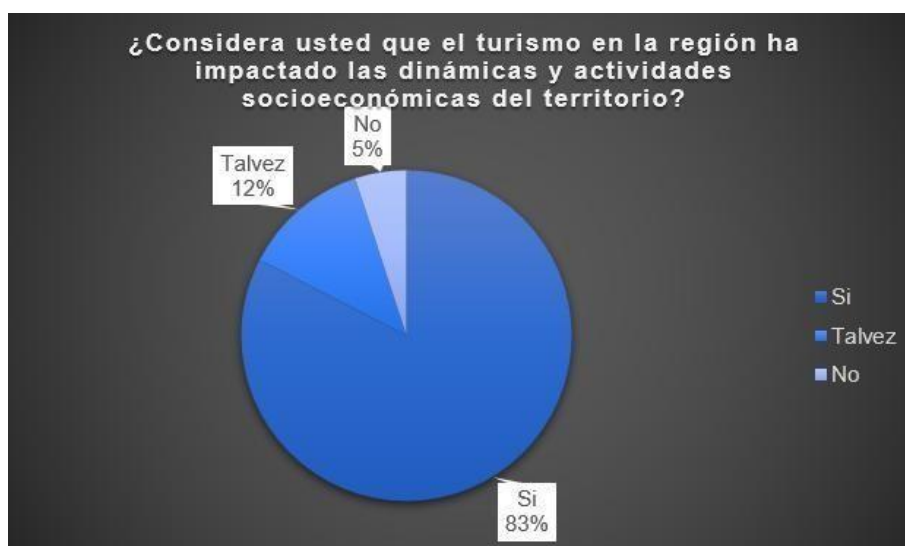
Figura 19. Aumento o disminución del turismo.



Nota.: Elaboración propia (2025).

Un alto porcentaje de los encuestados indicó que el turismo en la zona ha aumentado, coincidiendo con las diferentes preguntas formuladas en la encuesta. Como se observa en la Figura 19 (Aumento o disminución del turismo), la comunidad percibe un crecimiento significativo y un desbordamiento de la actividad turística en el municipio.

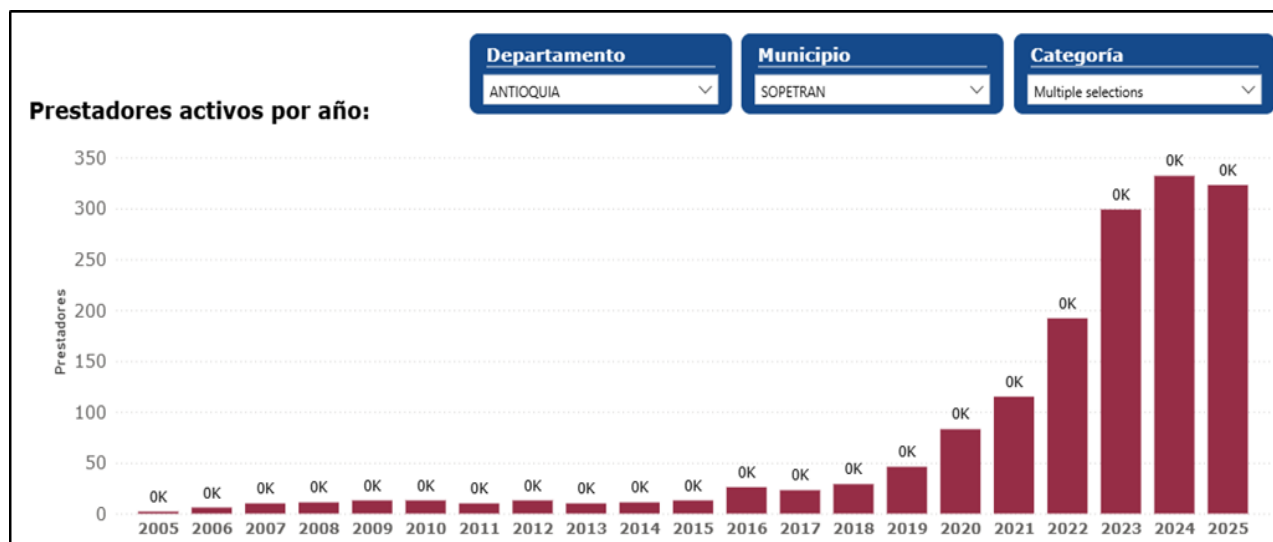
Figura 20. Dinámica socioeconómica del turismo



Nota.: Elaboración propia (2025).

La mayoría de las personas encuestadas perciben una influencia positiva del turismo en la dinámica socioeconómica local con un 83%, al tratarse de percepciones, este resultado no constituye evidencia directa; por ello, se contrasta con series institucionales de oferta y demanda. La serie del RNT para Sopetrán muestra un crecimiento sostenido de prestadores activos entre 2005 y 2025, con una aceleración posterior a 2020 (véase Figura 20). En particular, los prestadores con RNT pasaron de 115 en 2021 a 306 en 2024 (+166%), lo que sugiere expansión de la oferta de servicios turísticos. Estas evidencias se complementarán con indicadores de demanda (ocupación y pernoctaciones) y se integrarán en un Índice de Presión Turística (IPT) para contrastarlo con la calidad del agua (E. coli, DBO₅, DQO, SST, turbidez), controlando precipitación y estacionalidad.

Figura 21. Prestadores con RNT activos por año, Sopetrán (2005–2025)



Nota. PortuColombia – Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Registro nacional de turismo (RNT), panel “Prestadores activos por año”; filtros: Departamento = Antioquia, Municipio = Sopetrán. Consulta: ago-2025.

7.3.4. Análisis de los resultados de la encuesta de percepción en relación con los resultados de calidad y demanda del recurso hídrico.

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta de percepción ciudadana con los indicadores técnicos de calidad y demanda del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán. Esta triangulación de información permite identificar cómo la comunidad percibe los efectos de distintas actividades, especialmente las asociadas al turismo, sobre la disponibilidad y el estado del agua en la región.

A través de una serie de gráficas descriptivas, se recogen opiniones relacionadas con factores como la generación de residuos, los vertimientos, el flujo del recurso, el tiempo de afectación y la relación directa entre el turismo y el deterioro de las fuentes hídricas. Estos datos no solo reflejan una creciente preocupación de la población frente al impacto ambiental, sino que también evidencian la necesidad de implementar medidas de control y gestión más eficaces.

Este enfoque mixto, que combina datos cuantitativos con las percepciones sociales, ofrece una mirada integral sobre la problemática hídrica en Sopetrán, fortaleciendo el diagnóstico ambiental y sirviendo de base para la formulación de estrategias que busquen la sostenibilidad del recurso a mediano y largo plazo.

Figura 22. Actividades que afectan la calidad del recurso



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 22, se presentan las principales actividades económicas que, según la percepción de los encuestados, afectan la calidad del agua en la región. El turismo es percibido como el principal factor de afectación, con un 58 % de las respuestas. En segundo lugar, la parcelación del territorio es señalada por el 29 % de los encuestados; la deforestación alcanza el 13 % y la agricultura el 0 %. Estas percepciones sugieren que el crecimiento turístico y la expansión inmobiliaria no planificada se asocian con presiones sobre los cuerpos de agua, posiblemente por descargas domésticas y turísticas sin tratamiento adecuado y por la alteración de suelos y drenajes.

Para evitar inferencias basadas únicamente en percepción, a continuación, se relacionan estos resultados con los indicadores objetivos de calidad del agua y de presión/demanda turística.

Triangulación con datos de calidad y presión/demanda turística ejemplificada en la tabla 7 de la vigencia (2021–2024).

Se integraron: (i) los resultados de calidad del agua (E. coli, DQO y OD) en tramos con influencia turística (P2–P3), (ii) la evolución de la oferta/infraestructura turística a partir del Registro Nacional de Turismo (RNT) y (iii) la ocupación hotelera de referencia departamental. Entre 2021 y 2024 se observa un incremento de E. coli ($25,75 \rightarrow 60.200$ NMP/100 mL) y de DQO ($58,6 \rightarrow 79,6$ mg/L), junto con una reducción del oxígeno disuelto ($7,38 \rightarrow 5,61$ mg/L) en los puntos situados aguas abajo de zonas turísticas (Tabla 7). En el mismo período, los prestadores con RNT activo en Sopetrán aumentaron de 115 (2021) a 306 (2024) (Tabla 4) y la ocupación hotelera departamental presentó niveles altos (49,4 % en 2021; 73,4 % en 2022; 66,2 % para el primer semestre de 2023). La coincidencia espacio–temporal respalda que la actividad turística contribuye a mayores cargas orgánicas y contaminación fecal, reconociendo la concurrencia de la precipitación/caudal y de los vertimientos domésticos como factores adicionales.

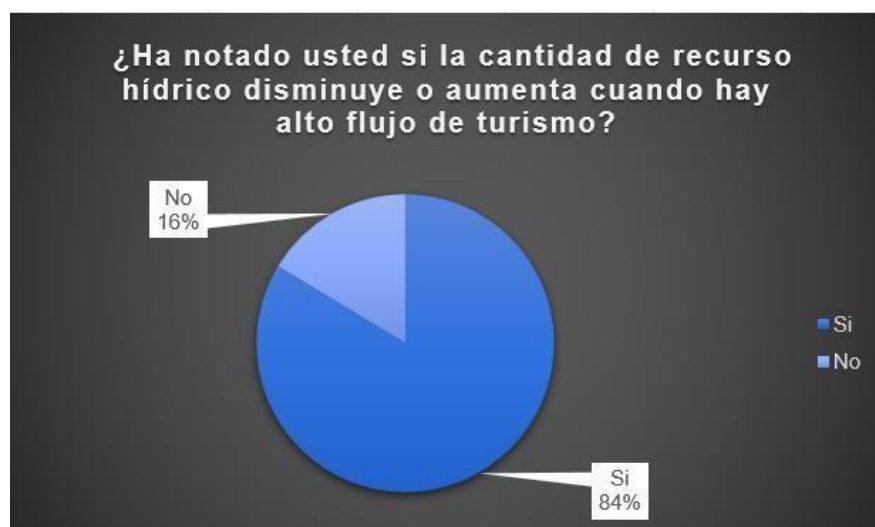
Demanda del recurso. Como proxy de la demanda hídrica turística, la ocupación y el crecimiento de la oferta (RNT) indican picos de consumo en temporada alta, coherentes con los incrementos observados de E. coli y DQO en P2–P3. Cuando se disponga de registros de consumo/vertimiento por establecimiento, se recomienda estimar cargas ($L = Q_{ww} \times C_{in} \times (1 - \eta)$) para discriminar aportes turísticos, domésticos urbanos y domésticos rurales.

Tabla 7. Calidad del agua en tramos con influencia turística (P2–P3), 2021–2024.

Año	<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	DQO (mg/L)	OD (mg/L)
2021	25,75	58,6	7,38
2022	18.500	65,2	6,9
2023	42.000	72,4	6,2
2024	60.200	79,6	5,61

Nota. Valores representativos (mediana o promedio) de los puntos aguas abajo de zonas turísticas/descargas (P2–P3). Fuente: CORANTIOQUIA (2021–2024); laboratorio/EAAB local (2025); campaña propia (2025).

Figura 23. Flujo del recurso hídrico.



Nota: Elaboración propia (2025).

En esta figura 23 (Flujo del recurso hídrico.) Es notorio de que las personas perciben que si hay una disminución notable en la cantidad del recurso hídrico el 84% de los encuestados percibieron un impacto en la disminución o alteración en el recurso hídrico esta percepción es clara sobre la presión que ejerce el turismo al recurso hídrico.

Figura 24. Flujo del recurso hídrico



Nota. Elaboración propia.

Los resultados de la figura 24, destacaron que los residuos sólidos y las aguas residuales fueron los principales problemas percibidos en la zona, ambos relacionados con la presión que ejerce el turismo sobre los sistemas de recolección y tratamiento de desechos. La existencia de residuos peligrosos, aunque en menor proporción, puso de manifiesto la necesidad de reforzar los mecanismos de control y manejo de estos materiales

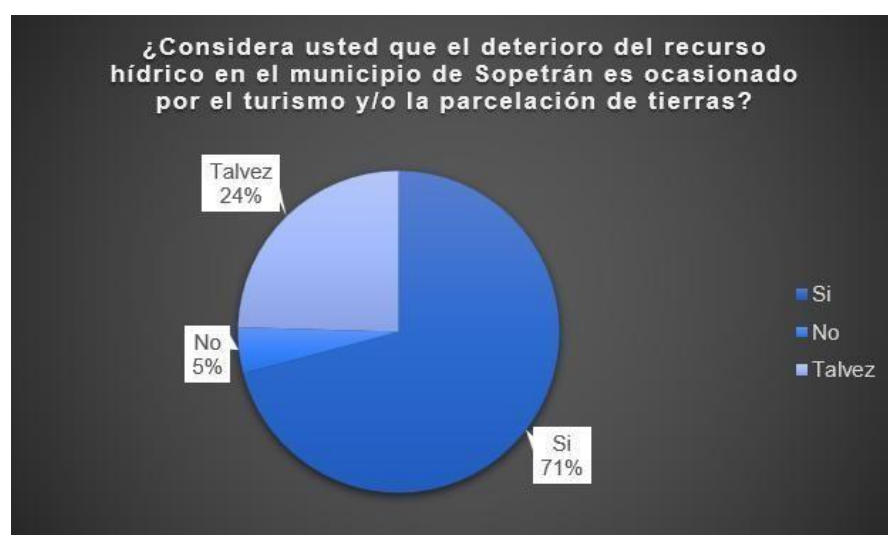
Figura 25. Percepción del impacto del turismo en la calidad del recurso hídrico en los últimos 10 años.



Nota. Elaboración propia.

En la figura 25, el 86% de los encuestados opinó que la actividad turística ha influido negativamente en la calidad del agua en el municipio de Sopetrán, lo que evidenció una percepción generalizada de impacto ambiental. Esta situación resaltó la necesidad urgente de establecer medidas de control y gestión ambiental que regulen adecuadamente las prácticas turísticas en la zona.

Figura 26. Deterioro del recurso hídrico.



Nota. Elaboración propia.

En la Figura 26. (Deterioro del recurso hídrico.) El 71% de los encuestados consideró que el deterioro del recurso hídrico en Sopetrán está vinculado a las actividades turísticas y a la parcelación de terrenos. Esta opinión generalizada refleja una preocupación común frente al impacto ambiental que estas prácticas están generando. En consecuencia, se vuelve fundamental establecer normativas que regulen tanto el uso del suelo como el crecimiento urbano y las actividades turísticas, con el fin de preservar las fuentes de agua del municipio.

El presente análisis tuvo como objetivo principal relacionar los resultados obtenidos

mediante la encuesta de percepción ciudadana con los datos técnicos sobre calidad y demanda del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán. Esta convergencia metodológica permitió comprender de qué manera la comunidad percibe el impacto de distintas actividades humanas principalmente las vinculadas al turismo sobre la disponibilidad y el estado de las fuentes de agua en la región.

A través de representaciones figuras, se logró recopilar información clave sobre la percepción ciudadana respecto a temas como la producción de residuos, la existencia de vertimientos, la reducción del caudal, los periodos de afectación y la conexión directa entre el turismo y el deterioro de los cuerpos hídricos. Dichos hallazgos reflejan una preocupación generalizada en la población sobre el deterioro ambiental y señalan la necesidad de establecer medidas de control más rigurosas y sistemas de gestión ambiental más eficaces.

El método utilizado que combina elementos cuantitativos con dimensiones sociales permitió abordar la problemática del recurso hídrico desde una perspectiva amplia y multidimensional. Esto no solo enriqueció el diagnóstico ambiental de Sopetrán, sino que también brindó una base sólida para la formulación de estrategias orientadas a la protección y el uso sostenible del agua, en el mediano y largo plazo.

Los resultados del análisis permitieron identificar patrones recurrentes que justifican la intervención inmediata en varios frentes. Por ejemplo, la identificación de zonas con vertimientos no tratados motivó el diseño de estrategias enfocadas en el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria. De igual manera, la percepción generalizada sobre la disminución del recurso hídrico y la presión ejercida por la actividad turística impulsó la necesidad de involucrar a los operadores turísticos en procesos de sensibilización y formación ambiental.

Así mismo, el papel de las instituciones educativas cobra especial relevancia, ya que se evidenció la necesidad de incorporar de manera estructurada contenidos relacionados con el

cuidado del agua en los currículos escolares. Esto puede llevarse a cabo a través de la implementación de programas como los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) y los Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (PROCEDA), fortaleciendo así la conciencia ambiental desde edades tempranas. Por otro lado, los altos porcentajes de percepción que relacionan el deterioro del recurso con fenómenos como la expansión urbana desorganizada resaltan la urgencia de intervenir en zonas sin cobertura de alcantarillado, priorizando soluciones individuales como biodigestores o sistemas sépticos familiares.

En consecuencia, los resultados obtenidos sustentan la formulación de componentes transversales de gestión encaminados a mitigar los efectos adversos sobre el recurso hídrico y a promover su gestión sostenible. Los componentes que se presentan a continuación derivan de las percepciones de la comunidad, trianguladas con la evidencia técnica disponible.

-Abordaje de puntos críticos de vertimiento

Objetivo. Identificar y atender descargas de aguas residuales sin tratamiento. Líneas clave.

- Levantamiento y priorización de puntos críticos (georreferenciados) y tipificación de descargas.
- Formulación de proyectos de infraestructura sanitaria: recolección, tratamiento y disposición adecuada.
- Gestión de recursos y alianzas con entidades territoriales, cooperación y autoridad ambiental; veeduría ciudadana.

-Fortalecimiento de la educación ambiental formal y

comunitaria Objetivo. Transformar prácticas cotidianas que afectan el recurso hídrico. Líneas clave.

- Implementación/fortalecimiento de PRAE y PROCEDA con contenidos sobre ciclo del agua y turismo sostenible.
- Capacitación a docentes, estudiantes y liderazgos comunitarios; materiales pedagógicos y campañas.
- Articulación entre instituciones educativas, comunidades y entidades ambientales.

-Compromiso ambiental del sector turístico.

Objetivo. Reducir la presión del turismo sobre las fuentes hídricas mediante buenas prácticas.

Líneas clave.

- Formación y sensibilización a prestadores (uso eficiente del agua, manejo de residuos, control de vertimientos).
- Conformación de una red local de operadores comprometidos que lideren campañas a visitantes y residentes.
- Monitoreo participativo de prácticas e indicadores operativos del sector para mejora continua.

- Saneamiento básico descentralizado para zonas rurales y de expansión urbana
Objetivo. Ampliar cobertura de saneamiento donde no hay alcantarillado.

Líneas clave.

Identificación de viviendas sin conexión y selección de soluciones apropiadas.

Instalación de sistemas sépticos o biodigestores con formación en operación y mantenimiento.

Acompañamiento comunitario para sostenibilidad y seguimiento de las soluciones implementadas.

Se optó por formular varias estrategias —y no una sola con múltiples acciones— porque la gestión integral del recurso hídrico exige intervenciones coordinadas y, a la vez, diferenciadas por sector. El diagnóstico evidenció problemas de distinta naturaleza (deterioro asociado al turismo, vertimientos y déficit de saneamiento), que no se resuelven con una única línea de acción; por ello se plantean respuestas específicas pero articuladas.

Cada estrategia atiende un frente puntual identificado en el análisis técnico y en la percepción ciudadana: el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria se aborda desde la estrategia técnica; la falta de conciencia y valoración del agua, mediante la estrategia pedagógica; la presión turística, a través de la estrategia de turismo responsable; y la ausencia de redes de alcantarillado en zonas rurales, con soluciones descentralizadas de bajo costo y gestión comunitaria dentro de la estrategia de saneamiento básico.

Estas estrategias no actúan de manera aislada, sino que se articulan para abarcar distintos componentes fundamentales de la gestión hídrica, entre ellos:

La educación ambiental escolar y comunitaria (a través de PRAE y PROCEDA) El desarrollo de infraestructura básica y adecuada

La participación de las comunidades y procesos de seguimiento local La coordinación interinstitucional e intersectorial

La promoción de la comunicación, el fortalecimiento de capacidades y la sostenibilidad social.

La adopción de este enfoque múltiple permitió atender las diversas causas y manifestaciones del deterioro hídrico, en coherencia con los principios de integralidad,

participación y corresponsabilidad de la normativa ambiental colombiana y con las directrices para el manejo del agua en territorios con alta presión turística. En síntesis, la existencia de varias estrategias no fragmenta el plan de intervención; por el contrario, lo ordena y potencia, al abordar desde distintos frentes los factores que amenazan el recurso hídrico en Sopetrán y al promover su uso sostenible y su protección a largo plazo.

7.4. Tercer objetivo: Diseñar estrategias ambientales, sociales y educativas para la gestión del recurso hídrico en Sopetrán, orientadas a la reducción de los impactos derivados del turismo y el fortalecimiento de la gobernanza del recurso hídrico

Diseño de estrategias

La sección anterior presentó los componentes transversales de la gestión (educación ambiental; infraestructura; participación y seguimiento; coordinación interinstitucional; comunicación y fortalecimiento de capacidades), que enmarcan la intervención. Sobre esta base se formulan cuatro estrategias integradas: (1) técnica, (2) pedagógica, (3) saneamiento básico y (4) turismo responsable, cada una con objetivos, actividades y actores definidos (véase Tabla 7). Los proyectos descritos posteriormente (p. ej., PRAE, PTAR, sistemas individuales rurales) operacionalizan estas estrategias en el territorio.

El diseño se estructuró a partir de un enfoque de investigación mixto, que permitió comprender tanto los impactos ambientales asociados al turismo como las dinámicas sociales e institucionales de la cuenca alta del río Aurra (Sopetrán). Con base en este diagnóstico, se definieron cuatro estrategias complementarias orientadas a mitigar los efectos negativos sobre la calidad del agua y a promover la gestión sostenible del recurso.

7.4.1. Estrategias propuestas:

Estrategia técnica: orientada al fortalecimiento de la infraestructura verde, el monitoreo

del recurso hídrico y la planificación territorial, con el fin de conservar las fuentes de agua y regular el uso del suelo.

Estrategia pedagógica: centrada en la educación ambiental, la formación ciudadana y la sensibilización comunitaria, con énfasis en el uso responsable del agua y la protección de los ecosistemas acuáticos.

Estrategia de saneamiento básico: enfocada en la mejora de las condiciones de salubridad, incluyendo el tratamiento de vertimientos domésticos, la gestión de residuos sólidos y la ampliación de cobertura de servicios públicos rurales.

Estrategia de turismo responsable: dirigida a regular las actividades turísticas mediante buenas prácticas, normativas locales, control de carga turística y promoción de un modelo de turismo sostenible.

Estas estrategias se presentan de forma estructurada e incluyen una justificación técnica, sus objetivos específicos, las actividades clave, los actores involucrados y los tiempos estimados de implementación. En conjunto, constituyen una propuesta integral para la gestión del recurso hídrico que busca equilibrar la conservación ambiental con el desarrollo territorial de Sopetrán.

Tabla 8.

Estrategias para la gestión del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán.

Estrategia	Descripción
Estrategia 1	• Identificación de puntos críticos de vertimiento sin tratamiento • Formulación y ejecución de proyectos de infraestructura sanitaria • Gestión de recursos con entidades territoriales y cooperación • Articulación con autoridades educativas y ambientales

Estrategia 2	• Diseño e implementación de PRAE y PROCEDA • Capacitación a estudiantes y docentes sobre el ciclo del agua y su protección • Inclusión de contenidos sobre turismo sostenible • Articulación con autoridades educativas y ambientales
Estrategia 3	• Sensibilización y formación ambiental a operadores turísticos • Creación de una red de operadores hídricamente responsables • Desarrollo de campañas educativas lideradas por operadores • Evaluación y seguimiento participativo
Estrategia 4	Diagnóstico de viviendas sin acceso a alcantarillado Instalación de sistemas sépticos o biodigestores familiares• Capacitaciones sobre uso y mantenimiento de los sistemas Seguimiento comunitario con participación local

Nota.: Elaboración propia.

Con base en el análisis de toda la información recolectada, se propusieron las siguientes estrategias:

Estrategia 1. Educación Ambiental en Instituciones Educativas y Áreas Turísticas (PRAE)

Propósito: Promover la cultura ambiental en colegios y zonas con presencia turística mediante la implementación de Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), enfocados en el uso racional del recurso hídrico y la gestión adecuada de residuos sólidos.

Sustento: El diagnóstico realizado evidenció la carencia de formación ambiental desde edades tempranas. Esta propuesta permite incorporar temas ambientales en el currículo educativo y vincular actores locales como docentes, estudiantes, guías turísticos y visitantes en acciones de

sensibilización colectiva.

Principales acciones: Realización de talleres formativos, instalación de señalética ambiental, desarrollo de actividades lúdico-pedagógicas como caminatas ecológicas y elaboración de materiales educativos.

Alcance esperado: Lograr la sensibilización de al menos 300 personas por municipio en torno a prácticas sostenibles.

Valor estratégico: Con una calificación de 7,2, se considera una propuesta eficaz y de fácil ejecución, especialmente cuando cuenta con respaldo institucional

Estrategia 2. Desarrollo de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)

Propósito: Construir sistemas de tratamiento en las cabeceras municipales con el fin de disminuir la contaminación generada por aguas residuales vertidas al Río Aurra.

Sustento: Los análisis de calidad del agua mostraron niveles elevados de contaminación en sectores urbanos sin tratamiento previo, lo que justifica la instalación de PTAR como una solución técnica para mitigar los impactos ambientales y proteger la salud pública. Principales acciones: Incluyen la elaboración de estudios técnicos, diseño de la infraestructura, tramitación de permisos ambientales, gestión financiera y seguimiento operativo de las plantas.

Alcance esperado: Implementar sistemas de tratamiento en todas las cabeceras de la zona de influencia.

Valor estratégico: Esta estrategia obtuvo una puntuación de 9,6, siendo la más prioritaria. No obstante, su ejecución demanda una inversión considerable y depende del apoyo financiero externo.

Estrategia 3 Implementación de Sistemas Sépticos en Áreas Rurales.

Propósito: Disminuir la contaminación difusa en zonas rurales mediante la instalación de

sistemas sépticos domiciliarios para el tratamiento de aguas residuales. Sustento: En comunidades que no cuentan con redes de alcantarillado, los vertimientos domésticos sin tratamiento son una amenaza para el ambiente. Los sistemas sépticos ofrecen una solución práctica, económica y adaptada a zonas rurales dispersas. Principales acciones: Incluyen la identificación de hogares beneficiarios, formulación de convenios, supervisión técnica de las instalaciones y procesos de formación comunitaria. Alcance esperado: Instalar 1.000 unidades sépticas en viviendas rurales.

Valor estratégico: Con una puntuación de 8, representa una alternativa efectiva, especialmente en áreas de difícil acceso, con menores requerimientos económicos frente a otras opciones como las PTAR.

Estrategia 4. Iniciativa “Turismo Responsable por el Agua: PROCEDA Sopetrán”

Propósito: Fortalecer la participación de los operadores turísticos y de las comunidades rurales en la protección del recurso hídrico, a través del instrumento de gestión comunitaria PROCEDA, que promueve la educación ambiental, la organización social y la corresponsabilidad.

Sustento: El turismo no regulado ha sido identificado como una causa significativa del deterioro del recurso hídrico. Esta propuesta busca revertir esa tendencia, transformando a los actores turísticos en agentes activos de conservación ambiental .

Principales acciones: Realización de diagnósticos participativos, jornadas educativas, creación de comités ambientales turísticos, campañas comunitarias y elaboración de manuales de buenas prácticas.

Alcance esperado: Capacitar a 100 operadores turísticos y articular su gestión con las políticas ambientales locales.

Valor estratégico: Con una calificación de 6,6, si bien es la propuesta con menor puntuación, su pertinencia puede incrementarse si se implementa en sinergia con proyectos

educativos y de gobernanza ambiental.

Estas propuestas estratégicas se fundamentan en evidencia empírica y en un proceso de diálogo con los actores sociales del territorio. Su finalidad es dar respuesta de manera integral a la crisis hídrica, articulando la protección ambiental con las dinámicas sociales y económicas locales.

Una vez concluida esta identificación formular un Proyecto Ambiental Escolar - PRAE donde se incluya a la comunidad educativa en el proceso de educación ambiental a turistas y sensibilización, a través de la capacitación, actividades didácticas y caminatas ecológicas, para esta alternativa es importante el apoyo de las administraciones municipales quienes son la entidad que cuenta con los profesionales para brindar ese apoyo técnico a las instituciones educativas.

Paralelo a esto es importante mejorar las deficiencias que existan en cuanto a redes de alcantarillado en zona urbana y centro poblados, la presencia de vertimientos directos y sin tratamiento a los cuerpos de agua, la inexistencia y deficiencia en los sistemas de tratamiento de agua potable, la carencia de pozos sépticos en zona rural y/o mal disposición de residuos sólidos y líquidos, a fin de que las administraciones municipales como garantes en la prestación de los servicios públicos, hagan las exigencias pertinentes a las empresas de servicios públicos para que se garantice la prestación de los servicios de manera eficiente.

A su vez, los municipios en el marco de la Ley 142 de 1994 pueden hacer inversiones en proyectos y obras destinadas a mejorar la prestación de los servicios, esto siempre y cuando la empresa de servicios a apoyar sea pública. En este sentido, se pueden apalancar recursos con otras entidades del estado como son el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, CORANTIOQUIA y la gobernación de Antioquia.

Por otra parte, es importante el acompañamiento de las secretarías de salud locales en todo el proceso, de modo que se identifiquen las causales de las enfermedades gastrointestinales

generadas en la población, a fin de definir medidas que permitan disminuir los casos presentados. Con base en lo anterior, las 4 estrategias planteadas para la problemática al saneamiento hídrico son la sensibilización de la comunidad por medio de la implementación de un Proyecto de Educación Ambiental en las escuelas de la zona, la gestión de recursos e inversión en la implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y la instalación de sistemas de saneamiento individual en zona rural.

A continuación, se presentan cada una de las estrategias mencionadas:

7.4.2. Estrategia 1. Implementación de un proyecto de educación ambiental en las escuelas de la zona orientado al ahorro del agua y manejo de residuos sólidos.

Los Proyectos de Educación Ambiental – PRAES institucionalizados por medio del Decreto 1743 de 1994 corresponden a una estrategia para la sensibilización de la comunidad educativa entorno a los temas ambientales, para su implementación se debe identificar inicialmente la existencia o no de este instrumento en los municipios que forman parte del acuífero.

En el caso de que no exista se deberá hacer la correspondiente formulación del Proyecto de Educación Ambiental - PRAE, por lo cual se deben identificar las instituciones educativas existentes en la zona, seguido a esto hacer un diagnóstico donde se identifique las problemáticas presentes en el municipio asociadas al turismo, a fin de que las acciones propuestas o alternativas de solución sean enfocadas a estas problemáticas.

Una vez se tiene la problemática ambiental identificada y cuantificada, respecto a los puntos críticos o zonas donde más se presenta, se procede con los elementos conceptuales del PRAE, así como la formulación del objetivo general y de los objetivos específicos. Respecto al objetivo general este debe indicar el propósito del PRAE, es decir ¿qué se quiere lograr?, mientras

que los objetivos específicos responden a las etapas por desarrollar para dar cumplimiento al propósito (CORPOBOYACA, s.f).

Además, para la formulación del PRAE se deben tener en cuenta otros aspectos como el enfoque pedagógico, los ejes del conocimiento, los componentes proyectivos, el plan de estudios, las competencias, los elementos de institucionalización, las entidades de apoyo y los antecedentes. Para el caso del enfoque pedagógico o didáctico este debe presentar la relación entre los objetivos de aprendizaje y las personas que recibirán esta formación; respecto a los ejes del conocimiento estos corresponden a los procesos interdisciplinarios y transversales que van desde la formulación del PRAE hasta la evaluación final del proyecto (CORPOBOYACA, s.f).

Por otra parte, los componentes proyectivos estos corresponden a los mecanismos para incorporar las actividades del PRAE en las actividades formativas y se subdivide en los componentes de intervención, formación e investigación; así mismo el plan de estudios describe la forma en la que se incorporaran a las actividades cotidianas de las instituciones educativas el PRAE. Respecto a las competencias en estas se deben describir aquellas básicas, ciudadanas y científicas que serán fortalecidas con la ejecución del PRAE (CORPOBOYACA, s.f; Min ambiente, 2016).

Los elementos de institucionalización son ese componente que describe la articulación del PRAE y su coherencia con las herramientas institucionales, en este sentido comprende la inclusión de los objetivos del Proyecto Educativo Institucional - PEI articulando los procesos pedagógicos de estos dos instrumentos, también la articulación con el Plan de Mejoramiento Institucional y la descripción de los aportes del PRAE en la calidad de la educación.

Otro de los puntos importantes son las entidades de apoyo tales como entidades del estado, entre estas las Corporaciones Autónomas Regionales quienes pueden articularse con los

municipios para brindar ese apoyo técnico en cuanto a la presentación de las temáticas y el desarrollo de actividades de campo con los estudiantes.

En síntesis el documento de formulación del PRAE en su estructura contiene la justificación, los objetivos, el planteamiento del problema con una descripción del mismo, el marco referencial que incluya el marco teórico, conceptual y legal, luego una descripción de la ubicación y el contexto donde se va a desarrollar el PRAE, un capítulo de diagnóstico y análisis que presente la información recopilada, la metodología para implementar el PRAE, los recursos necesarios para la financiación, propuesta, el cronograma, conclusiones y recomendaciones.

Por lo anterior si el municipio no tiene el PRAE formulado debe contratar un profesional ambiental para la formulación de este, esto como recurso económico adicional a los municipios que solo deben realizar la implementación.

Tabla 9.

Recursos necesarios para el PRAE por año.

Tipo de recurso	Destinación	Tiempo destinado	Costo Total
Recurso humano (12 profesionales ambientales)	Formulación del PRAE	3 meses	\$ 108.000.000
Recurso humano (6 profesionales ambientales)	Implementación del PRAE (capacitaciones, control en la implementación y acompañamiento a jornadas)	5 meses	\$90.000.0000

Papelería y material didáctico	Implementación del PRAE (capacitaciones, control en la implementación y acompañamiento a jornadas)	5 meses	\$1.800.000
Refrigerios (300 personas por municipio)	Implementación del PRAE (capacitaciones, control en la implementación y acompañamiento a jornadas)	5 meses	\$108.000.000
			\$307.800.000

Nota. Correspondiente al total anula requerido para la formulación e implementación del PRAE en el municipio de Sopetrán.

Dentro de la implementación del PRAE se pueden incluir actividades como capacitaciones entorno a los tipos de residuos sólidos, como se debe hacer la separación en la Nota., la importancia del recurso hídrico y su cuidado, la riqueza hídrica en el municipio, entre otros. Estas capacitaciones se acompañan de actividades didácticas donde los estudiantes y la comunidad educativa pueden implementar los conocimientos aprendidos.

A continuación, se presenta información relacionada a esta estrategia:

Tabla 10.

Actividades 1 estrategia

Educación Ambiental para el Turismo Responsable: Ahorro de Agua y Manejo de Residuos en Zonas Escolares y Turísticas en el municipio de Sopetrán
--

OBJETIVO: Implementar un proyecto de educación ambiental en escuelas y espacios turísticos del municipio de Sopetrán con énfasis en el ahorro de agua y el adecuado manejo de residuos sólidos, orientado a sensibilizar tanto a estudiantes como a turistas sobre su rol en la conservación de los recursos naturales.			
META: Capacitar a 300 personas por municipio (entre comunidad educativa, guías turísticos, emprendedores turísticos y visitantes) en buenas prácticas ambientales enfocadas en el cuidado del agua y la gestión de residuos.			
ACTIVIDADES PLANTEADAS: Capacitación y jornadas didácticas sobre separación en la Nota. de residuos sólidos. ● Dirigido a estudiantes y visitantes en sitios turísticos. Talleres sobre la importancia del recurso hídrico y los cuerpos de agua locales. ● Con mapas, cartillas y recorridos interactivos para turistas. Caminatas ecológicas guiadas a cuerpos de agua con guías escolares o ambientales. ● Para turistas, comunidad educativa y actores del turismo. Campañas de buenas prácticas para el ahorro del agua en hospedajes, fincas turísticas y senderos. ● Carteles, señalética ambiental y actividades lúdicas en zonas de afluencia.			
FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN	PERIODICIDAD
	Identificación de las instituciones educativas en la zona	2 semanas	Unica vez anual

FORMULACIÓN	Diagnóstico, selección de instituciones y zonas turísticas Recopilación de información primaria y secundaria Talleres sobre residuos y agua Caminatas ecológicas guiadas Señalética y campañas en sitios turísticos	3 semanas	Anual
	Reunión de socialización del PRAE.	2 semanas	Anual
	Capacitación y actividad didáctica entorno a los tipos de residuos y como hacer separación en la Nota. de los residuos sólidos	3 semanas	Mensual Revision
	Capacitación entorno a la importancia del recurso hídrico y los cuerpos de agua existentes en los municipios.	6 semanas	Bimensual

Implementación	Informes y encuestas de satisfacción. Capacitación y actividad didáctica entorno a las buenas prácticas para hacer un uso eficiente del agua	3 semanas	Anual
	Acta o informe parcial entorno al cumplimiento del PRAE	2 semanas	Bimensual
	Elaboración de informes entorno al cumplimiento del PRAE	4 semanas	Anual
RESPONSABLE:			
● Ingeniero Ambiental (líder por municipio)			
● Guías turísticos capacitados ● Docentes de ciencias naturales ● Monitores ambientales escolares			
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 12 meses			

Nota. elaboración propia

7.4.3. Estrategia 2. Implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales para las cabeceras municipales de la zona de influencia del Río Aurra.

Una de las estrategias fundamentales para la protección del acuífero en su zona de

influencia es la implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en las cabeceras municipales. Este enfoque responde al incremento sostenido de la urbanización, la expansión industrial y el crecimiento poblacional, factores que han derivado en una mayor generación de aguas residuales. Estas aguas, cargadas de diversos contaminantes físicos, químicos y biológicos, representan una amenaza significativa para la salud pública y los ecosistemas si no son gestionadas de manera adecuada.

En este contexto, las plantas de tratamiento se convierten en una herramienta clave para la conservación del recurso hídrico, ya que no solo garantizan la reducción de contaminantes antes de que el agua sea devuelta al medio ambiente, sino que también desempeñan un rol importante en la prevención de enfermedades relacionadas con el agua y en la protección de la biodiversidad acuática.

Para comprender su relevancia, es necesario examinar el funcionamiento de estas plantas, sus beneficios y los tipos de aguas que tratan.

En términos generales, las PTAR actúan como guardianas del recurso hídrico, permitiendo que el agua contaminada pase por un proceso de saneamiento riguroso antes de ser vertida nuevamente en fuentes naturales como ríos, lagos o mares. A través de tecnologías de tratamiento físico, químico y biológico, estas instalaciones logran reducir significativamente el impacto ambiental.

El proceso de tratamiento de aguas residuales se divide comúnmente en tres etapas:

Tratamiento preliminar y primario, donde se remueven entre el 40% y 60% de los sólidos presentes en el agua.

Tratamiento secundario, en el que se eliminan aproximadamente el 90% de los contaminantes disueltos mediante procesos biológicos.

Tratamiento terciario y manejo de lodos, fase en la que se perfecciona la calidad del efluente y se gestionan los biosólidos generados.

En cuanto a su diseño, muchas plantas modernas incluyen componentes como cámaras de aireación prolongada, decantadores lamelares con sistemas de recirculación de lodos, y espacios destinados al monitoreo y control operativo. Una ventaja destacable de estas infraestructuras es su baja generación de lodos, lo que facilita su operación y reduce costos de disposición final.

Cuando el tratamiento alcanza los estándares de calidad exigidos por la normativa nacional, el agua tratada puede ser vertida de manera segura en cuerpos de agua superficiales o incluso reutilizada en sectores como la agricultura o la ganadería. Además, estas tecnologías avanzadas permiten una depuración eficiente con bajo impacto ambiental, minimizando la contaminación sonora y el volumen de lodos biológicos generados.

Tabla 11.

Actividades Estrategia 2

Programa de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Sopetrán	
OBJETIVO: Formular proyectos de construcción de PTAR en las cabeceras municipales	
META: Diseñar y poner en marcha los proyectos de construcción de plantas de tratamiento en el Municipio.	
ACTIVIDADES PLANTEADAS: 1. Verificación y revisión de los predios adquiridos por el municipio para las PTAR 2. Realización de diseños y estudios necesarios 3. Obtención del permiso de vertimientos 4. Consecución de recursos de la nación, departamento y corporación para los proyectos 5. Construcción de las PTAR Viabilizadas	

FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN	OBSERVACIONES
ANÁLISIS	visita a los predios	3 meses	
	revisión catastral	3 meses	
FORMULACIÓN	Estudios de suelos, hidrológico e hidráulico, modelación de la Nota.	3 meses	
	Diseños hidráulicos y estructurales	3 meses	
	Presupuesto de obra e interventoría	3 meses	
VIABILIZACIÓN	Presentación de proyectos y adquisición de financiamiento	6 meses	
CONSTRUCCIÓN	Construcción del proyecto	9 meses	
	Interventoría del proyecto	9 meses	
RESPONSABLE: banco de proyectos, municipio y corporación			
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 3 AÑOS			

Nota. Elaboración Propia.

7.4.4. Estrategia 3 Instalación de sistemas de saneamiento individual en las zonas rurales que disminuyan la carga contaminante sin previo tratamiento.

Los pozos sépticos cumplen un papel fundamental en el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales y suburbanas, especialmente en aquellos lugares donde no existe conexión a una red de alcantarillado. Estos sistemas permiten procesar las aguas usadas provenientes de los hogares

y facilitar el retorno de agua relativamente limpia al entorno natural. Para asegurar su eficiencia y reducir riesgos ambientales, es clave que los propietarios realicen un mantenimiento periódico.

Desde el punto de vista ambiental, las fosas sépticas son cruciales porque previenen el vertimiento incontrolado de aguas residuales en zonas habitadas por comunidades o viviendas aisladas. Su correcto funcionamiento impide que estas aguas, conocidas como grises y negras, se filtren al subsuelo y generen contaminación en suelos cercanos.

Además de contener los residuos, estas estructuras permiten tratar las aguas residuales, separando los contaminantes sólidos del líquido, lo cual facilita su posterior depuración. Esto ayuda a proteger los cuerpos de agua cercanos, especialmente acuíferos subterráneos, y a reducir la carga de materia orgánica en los vertimientos. En esencia, la función principal de una fosa séptica es devolver el agua al ambiente en condiciones más seguras, contribuyendo así al equilibrio del ciclo natural del agua.

Tabla 12.

Actividades Estrategias 3

Programa de construcción de sistema de tratamiento de aguas residuales en la zona rural del municipio de Sopetrán.			
OBJETIVO: Instalar sistemas de saneamiento individual en la zona rural del municipio de Sopetrán			
META: Instalar 1000 sistemas sépticos en las zonas rurales del municipio de Sopetrán			
ACTIVIDADES PLANTEADAS: 1. Realizar estudio de mercado y presupuesto 2. Seleccionar beneficiarios 3. Consecución de recursos y formular convenios de instalación de sistemas 4. Instalación de sistemas sépticos			
FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN	OBSERVACIONES

ANÁLISIS	Estudio de mercado y presupuestos	3 meses	
	Selección de beneficiarios	3 meses	
FORMULACIÓN	Presupuesto de obra e interventoría	3 meses	
	Formulación de convenios	3 meses	
VIABILIZACIÓN	Presentación de proyectos y adquisición de financiamiento	6 meses	
CONSTRUCCIÓN	Construcción del proyecto	permanente	
	Interventoría del proyecto	6 meses	
RESPONSABLE: banco de proyectos, municipio y corporación			
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 3 AÑOS			

Nota. Elaboración propia.

7.4.5. Estrategia 4 "Turismo Responsable por el Agua: PROCEDA Sopetrán"

El proceda un instrumento del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, diseñado para promover la participación activa de las comunidades en la gestión ambiental local, a través de procesos educativos, organizativos y de acción colectiva.

El objetivo para combatir la problemática es fortalecer la participación ambiental de los

operadores turísticos en la gestión del recurso hídrico del municipio de Sopetrán, mediante procesos educativos, organizativos y de corresponsabilidad, que promuevan un turismo sostenible y protector del agua.

la implementación de un PROCEDA con enfoque en turismo responsable busca integrar a los operadores turísticos como actores clave en la protección del recurso hídrico, desarrollando procesos de educación ambiental, participación ciudadana y construcción de gobernanza territorial en torno al agua.”

Tabla 13.

Actividades Estrategia 4

Turismo Responsable por el Agua: PROCEDA con operadores turísticos en la zona rural de Sopetrán
OBJETIVO: Fortalecer la participación ambiental de los operadores turísticos en la gestión del recurso hídrico del municipio de Sopetrán, mediante procesos educativos, organizativos y de corresponsabilidad, que promuevan un turismo sostenible y protector del agua
META: Capacitar a 100 operadores turísticos e instalar 1.000 sistemas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales del municipio de Sopetrán en un periodo de 3 años.
ACTIVIDADES PLANTEADAS: 1. Diagnóstico participativo con operadores turísticos 2. Estudio de mercado y presupuestos para sistemas sépticos 3. Selección de beneficiarios del programa 4. - Formulación de convenios interinstitucionales 5. Presentación de proyecto y gestión de recursos con entidades territoriales

6. Ejecución de jornadas educativas y talleres participativos			
FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN	OBSERVACIONES
ANALISIS	Diagnóstico participativo con operadores turísticos	2 meses	
	Estudio de mercado y presupuestos para sistemas sépticos	3 meses	
FORMULACIÓN	Selección de beneficiarios del programa	3 meses	
	Formulación de convenio interinstitucionales	3 meses	
VIABILIZACIÓN	Presentación de proyecto y gestión de recursos con entidades territoriales	6 meses	
CONSTRUCCIÓN	Ejecución de jornadas y talleres	permanente	
	Seguimiento y evaluación técnica	6 meses	

RESPONSABLE: Alcaldía Municipal de Sopetrán Operadores turísticos locales (balnearios, hostales, fincas) Corporación Autónoma Regional – CORANTIOQUIA Comunidad rural organizada Comité Ambiental Turístico Instituciones educativas (apoyo en formación ambiental)
TIEMPO DE EJECUCIÓN: 3 AÑOS

Nota. Elaboración Propia.

Análisis de viabilidad técnica y económica

Las estrategias planteadas presentan distintos niveles de complejidad y costos:

Estrategia 1. Educación ambiental (PRAE–PROCEDA):

Viabilidad técnica alta, pues se apoya en instituciones educativas existentes y metodologías participativas ya institucionalizadas (Decreto 1743 de 1994). Los costos son bajos y se concentran en material pedagógico, talleres y señalética (aprox. \$300 millones/año

Estrategia 2. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR):

Viabilidad técnica media-alta, requiere estudios de ingeniería, licenciamiento y operación.

Económicamente es la estrategia más costosa, con necesidad de financiación externa (inversión inicial > \$5.000 millones según escalas municipales

Estrategia 3. Sistemas sépticos rurales:

Viabilidad técnica alta para áreas dispersas, dado que existen diseños estandarizados y experiencias previas. Económicamente es moderada, pues la instalación de 1.000 unidades puede oscilar entre \$3.000–4.000 millones, con cofinanciación de entes territoriales.

Estrategia 4. Turismo responsable (PROCEDA Sopetrán):

Viabilidad técnica alta, depende de articulación comunitaria y compromiso de operadores turísticos. Económicamente es baja, con costos asociados a jornadas educativas, material pedagógico y campañas (~\$500 millones en 3 años)

En conclusión, las estrategias de educación y turismo responsable son de rápida implementación y bajo costo; mientras que PTAR y sistemas sépticos requieren gestión financiera externa y ejecución a mediano plazo.

Tabla 14.

Tiempo de estrategias

Fase / Estrategia	Duración estimada	Actividades clave
Corto plazo (0–12 meses)	Diagnósticos participativos, diseño PRAE, campañas iniciales de sensibilización.	Alcaldía, Instituciones educativas, CORANTIO QUIA
Mediano plazo (1–3 años)	Instalación de sistemas sépticos (1.000 unidades), implementación PROCEDA turístico, diseño de PTAR.	Alcaldía, operadores turísticos, comunidades rurales
Largo	Construcción y operación de	Alcaldía,

Fase / Estrategia	Duración estimada	Actividades clave
plazo (3–5 años)	PTAR, seguimiento técnico y ambiental, fortalecimiento de la red de turismo responsable.	Gobernación MinVivienda cooperación internacional

Nota. Elaboración propia.

Fuentes de financiación

Nacionales:

Sistema General de Regalías (SGR).

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (programas de agua y saneamiento).

Fondo Nacional Ambiental (FONAM).

Departamentales y locales:

Gobernación de Antioquia (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

Alcaldía Municipal de Sopetrán. (2016). *Plan Básico de Ordenamiento*

Territorial (PBOT) 2016–2027. Sopetrán, Colombia. (recursos propios, sobretasa ambiental).

Autoridades ambientales:

CORANTIOQUIA, a través de convenios de saneamiento básico y educación

ambiental.

Internacionales y cooperación:

Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Fondo Verde del Clima.

Cooperación alemana (GIZ) y Agencia Española de Cooperación (AECID).

Sector privado y turismo:

Aportes de operadores turísticos mediante compensaciones ambientales.

Alianzas público–privadas (APP) para financiar infraestructura sanitaria.

7.4.6. Pertinencia de las propuestas de solución

Con el fin de evaluar las propuestas de solución planteadas se propone como metodología la comparación de las alternativas conforme a criterios económicos, ambientales y sociales, que permiten identificar la pertinencia de las alternativas para dar solución a la problemática planteada, evaluando si estas se ajustan a los recursos económicos disponibles en el territorio frente a los beneficios socioambientales que su implementación puede traer. En este sentido se evalúan 5 criterios los cuales son: presupuesto requerido, número de personas beneficiadas, cobertura del proyecto, accesibilidad y conservación del acuífero. Cada uno de estos criterios tendrá la misma importancia y serán evaluados otorgándole un valor de 0 a 10 de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 15.

Criterios de evaluación

Criterio	Puntuación
----------	------------

Presupuesto requerido	< 4 la inversión requerida necesita apoyo externo 4 a 7 solo se requiere apoyo en una parte de la inversión. >7 No requiere inversión externa
Número de personas beneficiadas	< 4 si el número de personas beneficiadas corresponde a menos del 50% de la población en el área de influencia 4 a 7 si el número de personas es el 50% o mayor a este valor >7 si logra beneficiar a toda la comunidad
Cobertura del proyecto	< 4 si la cobertura es menor del 50% (2 municipios o menos) 4 a 7 si la cobertura es el 50% o mayor a este valor (3 a 5 municipio) >7 si logra una cobertura de todo el acuífero (6 municipios)
Accesibilidad	< 4 si el acceso al punto de implementación del proyecto es complejo por temas de topografía o condiciones sociales. 4 a 7 si el acceso al punto de implementación del proyecto es medianamente complejo por temas de topografía o condiciones sociales. >7 si cuenta con un acceso fácil
Beneficio ambiental	< 4 el proyecto trae pocos beneficios ambientales que no se logran evidenciar durante la implementación de este 4 a 7 el proyecto trae beneficios ambientales, pero sus efectos no se logran evidenciar a corto plazo >7 el proyecto trae beneficios ambientales que se logran evidenciar a corto y mediano plazo.

Nota. Elaboración propia

De acuerdo con la anterior se procede hacer la revisión de la pertinencia

de los proyectos planteados:

Tabla 16.

Evaluación de propuestas

Criterios	Propuestas de solución			
	Proyecto de educación ambiental en las escuelas de la zona orientada al ahorro del agua y manejo de residuos sólidos en la población turística	Implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	Instalación de sistemas de saneamiento individual en las zonas rurales de la zona del Rio Aurra	Responsa ble por el Agua: PROCED A con operadore s turísticos en la zona rural de Sopetrán
Presupuesto requerido	9	3	7	6
Número de personas beneficiadas	6	7	8	7
Cobertura del proyecto	6	9	10	6
Accesibilidad	10	9	7	7

Beneficio ambiental	5	10	8	7
Promedio	7.2	9.6	8	6.6

Nota. Elaboración propia

Tabla 17.

Evaluación de cada propuesta de proyecto

Calificación	Pertinencia del proyecto
>7	El proyecto es necesario para la sostenibilidad del Río Aurra
Entre 4 y 7	El proyecto tiene impacto positivo en la sostenibilidad del Río Aurra
< 4	El proyecto no genera un gran impacto en la sostenibilidad del Río Aurra

Nota. Elaboración propia (2025).

Con base a la revisión de pertinencia del proyecto realizada con base en la evaluación del beneficio ambiental y de la población que repercuta en la sostenibilidad del Río Aurra, se tiene que el proyecto de instalación de las PTAR en las zonas urbanas es el más pertinente con un promedio de 9,6. Sin embargo este presenta un obstáculo que es la adquisición de recursos de fuentes externas. EL proyecto de instalación de pozos sépticos presenta un promedio de 8 puntos indicando que tiene un impacto positivo en la sostenibilidad del Río Aurra el proyecto de educación ambiental con un promedio de 7,2 indicando que este proyecto también puede tener un impacto positivo en la problemática de saneamiento del río y finalmente el proceda tiene una puntuación de 6.6 indicando que es el menos pertinente para acatar la problemática en estudio.

8. CONCLUSIONES

-La investigación desarrollada en el municipio de Sopetrán evidenció un deterioro progresivo en la calidad del recurso hídrico, especialmente en la cuenca del Río Aurra, como consecuencia del posible aumento descontrolado del turismo . La aplicación de una metodología mixta con enfoque de triangulación permitió contrastar y validar los resultados obtenidos desde enfoques técnicos, sociales y perceptivos, logrando una visión integral del problema. Se utilizaron análisis fisicoquímicos, encuestas estructuradas, entrevistas, registros fotográficos y observaciones directas, lo que facilitó una comprensión profunda del impacto que las prácticas turísticas han generado sobre el agua y los ecosistemas.

-Los resultados evidencian que el turismo en Sopetrán ha generado impactos significativos sobre el recurso hídrico, tanto desde la percepción social como en los indicadores técnicos de calidad y caudal del río Aurra. La coincidencia entre los testimonios comunitarios y los datos de monitoreo refuerza la gravedad de la problemática: disminución del caudal, deterioro en la calidad del agua y deficiencia en la gestión hídrica frente al crecimiento turístico y parcelario. La alta proporción de encuestados que reconoce efectos negativos (más del 80%) refleja una conciencia social sobre el riesgo de insostenibilidad en el uso del recurso. Asimismo, la evidencia fotográfica y los análisis fisicoquímicos respaldan estas percepciones al mostrar signos claros de contaminación y presión antrópica. En conjunto, los hallazgos subrayan la necesidad de fortalecer la planificación territorial, regular el turismo y adoptar estrategias de gestión hídrica integradas que aseguren la conservación del río Aurra y la sostenibilidad del desarrollo local.

-La implementación del POMCA del río Aurra se articula de manera directa con el marco normativo y las políticas de turismo en Colombia, ya que ambas instancias comparten como eje central la sostenibilidad y la protección del patrimonio natural. Mientras el POMCA busca garantizar la gestión integral del recurso hídrico mediante acciones de conservación, uso eficiente y control de impactos, la Ley 2068 de 2020 y sus antecedentes normativos orientan al sector turístico hacia la formalización, la competitividad y la preservación de los atractivos naturales que soportan la actividad. Asimismo, la Política de Turismo Sostenible “*Unidos por la Naturaleza*” y el plan estratégico al 2030 fortalecen esta convergencia, al proponer un modelo de desarrollo turístico responsable y armónico con la capacidad de carga de los ecosistemas. En este sentido, el POMCA no solo se convierte en un instrumento técnico y territorial que regula los usos del agua y previene la degradación ambiental, sino también en una herramienta clave para viabilizar un turismo sostenible en Sopetrán, donde la conservación del río Aurra se alinea con los objetivos nacionales de sostenibilidad y competitividad turística.

-Las limitaciones de esta investigación incluyeron el difícil acceso a ciertos sitios de muestreo, la escasa actualización de algunos registros institucionales y una débil articulación entre autoridades locales e instrumentos de planeación ambiental. Pese a estas barreras, el estudio logró sustentar técnicamente la necesidad de formular estrategias que contribuyan a mitigar los impactos identificados.

-En este sentido es importante que se propusieron diferentes estrategias debido a los impactos significativos que se fueron identificando a lo largo de la investigación, tanto en el ámbito ambiental como en el social. Estos impactos, derivados principalmente del crecimiento desordenado del turismo, el aumento en la demanda del recurso hídrico y el cambio en los usos del suelo, evidencian la necesidad de intervenir de manera diferenciada según las problemáticas detectadas. La propuesta de múltiples estrategias no obedece a una solución única o generalizada, sino a la comprensión de que el territorio enfrenta desafíos diversos y específicos que requieren

respuestas adaptadas a su contexto. Además, cada estrategia busca atender no solo las causas estructurales del deterioro ambiental, sino también fortalecer la participación comunitaria, la educación ambiental y la planificación territorial es por esto que la implementación de proyectos PRAE en instituciones educativas, la construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en cabeceras urbanas, la instalación de pozos sépticos en áreas rurales y el fortalecimiento del PROCEDA con enfoque en turismo sostenible. Son medidas que se alinean con instrumentos normativos y de planeación como el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del Río Aurra, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Sopetrán.

-Finalmente, los resultados obtenidos muestran una afectación ambiental significativa sobre los cuerpos de agua del municipio, así como una percepción social ampliamente preocupada por la forma en que se está gestionando el recurso hídrico. La combinación de evidencia técnica, análisis social y observación en campo permitió construir una base sólida para la toma de decisiones ambientales en el territorio. Se concluye que solo mediante una gobernanza hídrica participativa, articulada y basada en información confiable será posible preservar el Río Aurra y garantizar la sostenibilidad del desarrollo turístico en Sopetrán.

-Las estrategias planteadas en esta investigación apuntan a mejorar de manera integral la gestión del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, respondiendo a las problemáticas identificadas tanto en el componente técnico como social. En primer lugar, se destaca la pertinencia de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) como una herramienta educativa esencial para fomentar el compromiso ambiental desde edades tempranas. A través de la participación activa de estudiantes y docentes, se espera fortalecer prácticas responsables frente al uso del agua y generar una conciencia colectiva sobre la conservación del Río Aurra.

-Por otro lado, la construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en las zonas urbanas representa una acción prioritaria para reducir la carga contaminante que actualmente llega sin tratamiento a los cuerpos de agua. Esta medida permitiría disminuir

significativamente los niveles de materia orgánica y bacteriana detectados en los análisis fisicoquímicos, especialmente los elevados registros de *Escherichia coli*, DBO y DQO observados en el punto de monitoreo LIMR33. La gestión adecuada de las aguas residuales contribuirá así a mejorar la calidad ecológica del río.

-En las áreas rurales, donde el acceso a infraestructura sanitaria es limitado, la instalación de pozos sépticos se propone como una alternativa viable y de bajo costo para controlar los vertimientos domiciliarios. Esta solución permitiría mitigar el deterioro ambiental generado por el crecimiento de parcelaciones y el turismo no regulado, reduciendo la presión directa sobre los tramos medios y bajos del afluente.

-Asimismo, se considera fundamental el fortalecimiento del Programa Comunitario de Educación Ambiental (PROCEDA), orientado hacia un enfoque de turismo sostenible. A través de este mecanismo se busca empoderar a las comunidades locales y a los actores del sector turístico, promoviendo su participación activa en el diseño y ejecución de acciones de protección hídrica. La inclusión de estos actores en procesos de toma de decisiones permitirá avanzar hacia una gobernanza más democrática, colaborativa y efectiva.

-Todas estas estrategias encuentran respaldo en los marcos normativos vigentes, como el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del Río Aurra, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) y el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio. La articulación con estos instrumentos de planeación facilitará la incorporación de las propuestas en políticas públicas, asegurando su viabilidad técnica, jurídica y financiera.

-En conjunto, estas medidas tienen el potencial de contrarrestar los impactos negativos identificados durante la investigación y sentar las bases para una gestión integral y sostenible del agua en Sopetrán. A partir de una combinación de educación, infraestructura, participación social y planificación normativa, se proyecta un camino viable para la protección del Río Aurra y el desarrollo turístico.

REFERENCIAS

- Agencia de Noticias UNAL. (2023). *Después de la vía 4G, estos son los cambios en Sopetrán, San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia* .
<https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/despues-de-la-via-4g-estos-son-los-cambios-en-sopetran-san-jeronimo-y-santa-fe-de-antioquia>
- Shadowxfox. (2010). Colombia – Antioquia – Sopetrán [Mapa]. Wikipedia.
https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Colombia_-_Antioquia_-_Sopetr%C3%A1n.svg
- Alcaldía Municipal de Sopetrán. (2016). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Sopetrán 2016–2027* . Sopetrán, Colombia.
- Alcaldía Municipal de Sopetrán. (2018). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV)* . Sopetrán, Colombia.
- APHA. (2017). *Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales* (23.^a ed.). Asociación Estadounidense de Salud Pública.
- Bakker, K. J. (2003). *A political ecology of water privatization. Studies in Political Economy*, 70(1), 35-58. <https://doi.org/10.1080/07078552.2003.11827129>
- Bakker, K. (2007). *The “Commons” versus the “Commodity”: Alter-Globalization, Anti-Privatization and the Human Right to Water in the Global South. Antipode*, 39(3), 430-455.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8330.2007.00534.x>
- Mera, M. (2022). *Diseño metodológico de análisis espacial para la conservación del agua en la cuenca alta del río Cauca. Entorno Geográfico*, (24). Universidad del Valle.
<https://doi.org/10.25100/eg.v0i24.12239>
- Betancur, A. (2008). *Una aproximación al conocimiento de un sistema de acuífero*

tropical: Caso de estudio: el Bajo Cauca antioqueño . Medellín: Universidad de Antioquia.

□ Betancur, A. (2023). *El potencial de las aguas subterráneas en Antioquia* . Medellín: Universidad de Antioquia.

□ Betancurt, T. (2005). Estado actual y perspectivas de la investigación hidrogeológica en el Bajo Cauca Antioqueño. *Boletín de Ciencias de la Tierra* , 17 , 104–106.

□ Bilbao-Barrenetxea, N., Jimeno-Sáez, P., Segura-Méndez, FJ, Castellanos-Osorio, G., López-Ballesteros, A., Faria, SH, & Senent-Aparicio, J. (2024). Disminución de los recursos hídricos en la cuenca del río Anduña del Pirineo Occidental: ¿abandono de tierras o variabilidad climática? *Revista de Hidrología: Estudios Regionales* , 53 , 101771.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101771>

□ Boelens, R. (2010). Justicia hídrica: acumulación de agua, conflictos y acción social. <https://www.researchgate.net/publication/267028426>

Boelens, R. A. (2009). *Aguas diversas. Derechos de agua y pluralidad legal en las comunidades andinas = Diverse Waters. Water rights and legal pluralism in Andean communities. Anuario de Estudios Americanos*, 66(2), 23-55. <https://doi.org/10.3989/aeamer.2009.v66.i2.316>

□ Bolívar, A., Pérez, J., & Restrepo, M. (2023). Modelación con enfoque regional de la calidad del agua en zonas del Bajo Cauca: Influencia de proyectos mineros e hidroeléctricos. *Revista Facultad de Ingeniería* , 32 (2), 55–70.

Bakker, K. (2004). *Commons versus commodities: Debating the human right to water. Geoforum*, 35(3), 347–355. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2003.10.002>

Budds, J. (2004). *Power, nature and neoliberalism: The political ecology of water in Chile. Singapore Journal of Tropical Geography*, 25(3), 322–342. <https://doi.org/10.1111/j.0129-7619.2004.00189.x>

- Cheng, H., Chen, X., Xu, C.-Y. y Xie, P. (2017). Evaluación de la mitigación de inundaciones inducidas por el cambio climático para la adaptación en la cuenca del río Charles de Boston, EE. UU. *Science of the Total Environment* , 592 , 571–580.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.107>
- Cheng, H., Xu, M. y Li, J. (2017). Evaluación de la mitigación de inundaciones inducidas por el cambio climático para la adaptación en la cuenca del río Charles de Boston, EE. UU. *Ingeniería Ecológica* , 106 , 351–363. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.048>
- Cifuentes, M. (1992). *Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas* . Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Congreso de Colombia. (2012). *Ley 1558 de 2012 por la cual se modifica la Ley General de Turismo* . Diario Oficial N° 48.473. <https://www.mincomercio.gov.co>
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley 1558 de 2012. Por la cual se modifica la Ley General de Turismo* . Diario Oficial de la República de Colombia.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica* . <https://www.cbd.int>
- CORANTIOQUIA. (2015). *Plan de Acción CORANTIOQUIA 2012-2015* .
https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/PLAN_DE_ACCION_CORANTIOQUIA_2012-2015.pdf
- CORANTIOQUIA. (2016). *Evaluación Regional del Agua – ERA* .
<https://es.slideshare.net/slideshow/antioquia-territorio-para-proteger/112854034>
- CORANTIOQUIA. (2019). *Informe técnico de la cuenca del Río Aurra* . Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.
- CORANTIOQUIA. (2019). *Proyecto de Investigación y Monitoreo del Recurso*

Hídrico en Antioquia – PIRAGUA . Medellín, Colombia. <https://www.corantioquia.gov.co>

□ CORANTIOQUIA. (2023). *Plan de acción institucional 2023 – 2027* . Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2023/11/160HX-IT2310-14946.pdf>

□ CORANTIOQUIA. (2023). *Planificación ambiental y gestión hídrica en municipios del occidente antioqueño* . Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia.

□ CORANTIOQUIA Y SHI. (2015). *Diagnóstico para la formulación del plan de manejo ambiental del sistema acuífero del occidente antioqueño* . Medellín: CORANTIOQUIA.

□ CORANTIOQUIA; Servicios Hidrogeológicos Integrales SAS (2015). *Plan de Manejo Ambiental del Sistema Acuífero del Occidente Antioqueño. Diagnóstico: informe final (Territorial Hevéxicos)* . CORANTIOQUIA.

□ CORPOBOYACÁ. (sf). *Metodología del Proyecto Ambiental Escolar - PRAE: Proceso, participación y cultura ambiental* . <https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2017/08/anexo-1-guia-metodologica-PRAE-v0.pdf>

□ Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca (POMCA) del río Aurra* . Medellín, Colombia.

□ Cortés, F., & Gómez, M. (2017). De la degradación hídrica y las innovaciones institucionales, a la sociedad civil ambientalizada: un análisis de la problemática de la calidad del agua en la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Revista de Estudios Ambientales* , 15 (2), 45–62.

□ Creswell, J. W., y Plano Clark, V. L. (2018). *Diseño y conducción de investigación con métodos mixtos* (3.^a ed.). Publicaciones SAGE.

□ Cromtek. (2021). *Métodos potenciométricos para el análisis de agua* . Cromtek.

- Cromtek. (2021, 7 de mayo). *Así funciona un potenciómetro en el laboratorio* .
<https://www.cromtek.cl/2021/05/07/asi-funciona-un-potenciometro-en-el-laboratorio/>
- Cruz, AM y López, CS (2016). *Turismo y medio ambiente: gestión y sostenibilidad de recursos hídricos. Polígonos. Revista de Geografía* , (28) , 127–149.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5394127>
- Colombia. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2021, 16 de junio). Decreto 646 de 2021: *Por el cual se adopta la Política Pública de Turismo Sostenible – Unidos por la Naturaleza. Diario Oficial.*
- Colombia. Congreso de la República. (2020, 31 de diciembre). Ley 2068 de 2020: *Por la cual se modifica la Ley General de Turismo y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial.*
- Colombia. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (n.d.). Política de Turismo Sostenible: Unidos por la Naturaleza. Recuperado de
<https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible>
- DANÉS. (2022). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Proyecciones municipales* . Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2024). *Datos geográficos y territoriales de Colombia* . <https://www.dane.gov.co>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026: Colombia potencia mundial de la vida* . <https://www.dnp.gov.co>
- Datos Abiertos Colombia. (sf). *Datos abiertos Colombia* .
<https://www.datos.gov.co/api/views/vhwk-6xqe/rows.csv?accessType=DESCARGAR>
- El Colombiano. (2023). *Filial de EPM afecta fincas con aguas residuales en Sopetrán*

- . <https://www.elcolombiano.com/antioquia/filial-epm-afecta-fincas-sopetran-aguas-residuales>
- El Colombiano. (2023). *Medellín se acerca al Triángulo de Occidente* .
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin-se-acerca-al-triangulo-de-occidente-CF4106040>
 - El Tiempo. (2023). *Camión vierte aguas residuales en una quebrada de Sopetrán, Antioquia* . <https://www.eltiempo.com/antioquia/camion-vierta-aguas-residuales-sopetran>
 - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB – ESP. (2025). *Informe de calibración y control de calidad en análisis de aguas* . Bogotá, Colombia.
 - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB – ESP. (2025). *Informe técnico de análisis de aguas: Procedimientos de laboratorio* . EAAB.
 - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB – ESP. (sf). *Laboratorio de aguas* . <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/atencion-al-usuario/otros-servicios/laboratorio/aguas>
 - Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa* (5.^a ed.). Morata.
 - Gaitán, F., & Ortega, J. (2020). Innovaciones tecnológicas para el manejo del agua en comunidades turísticas rurales. *Revista ID Tecnológico* , 14 (1), 55–70.
<https://www.revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/3733>
 - Gleick, PH (1998). El derecho humano al agua. *Política del Agua* , 1 (5), 487–503.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366701799000082>
 - Gleick, PH (1998). El agua en crisis: Caminos hacia el uso sostenible del agua. *Aplicaciones Ecológicas* , 8 (3), 571–579. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0571:WICPTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0571:WICPTS]2.0.CO;2)
 - Gleick, PH (1998). *El agua en el mundo, 1998-1999: Informe bienal sobre los recursos de agua dulce* . Island Press.
 - Gobernación de Antioquia. (2013). *Estadísticas de flujo vehicular y de pasajeros entre Medellín y Sopetrán* . Dirección de Planeación Departamental.

<https://www.antioquia.gov.co>

□ Gobernación de Antioquia. (2013). *Plan de Desarrollo Departamental 2012–2015: Antioquia la más educada* . Medellín, Colombia.

□ Gobernación de Antioquia. (2015). *Estadísticas de flujo vehicular y de pasajeros entre Medellín y Sopetrán* . Dirección de Planeación Departamental.

<https://www.antioquia.gov.co>

- Gobernación de Antioquia. (2015). *Política Departamental de Gestión Ambiental* . Medellín, Colombia.
- Gobernación de Antioquia. (2017). *Plan de Acción Ambiental Departamental 2016–2019* . Medellín, Colombia. <https://www.antioquia.gov.co>
- Gómez, M. (2017). La gestión del agua en regiones rurales: Políticas públicas y desafíos en el contexto de Sopetrán. *Revista de Política Ambiental* , 15 (3), 45–60. <https://www.revistapoliticaambiental.com/gestion-agua-rural-sopetran>
- Gössling, S., Peeters, P., Hall, CM, Ceron, JP, Dubois, G., Lehmann, LV y Scott, D. (2012). Turismo y uso del agua: Oferta, demanda y seguridad. Una revisión internacional. *Tourism Management* , 33 (1), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2011.03.015>
- Grupo EPM. (2024). *Daño en uno de los tanques de almacenamiento de agua potable del municipio de Sopetrán* . <https://www.grupoepm.com.co/daño-tanque-sopetran-2024>
- Grupo EPM. (2024). *Informe de sostenibilidad 2024* . <https://www.grupo-epm.com/content/dam/Grupo-Epm/aguas-regionales/institucional/informes-de-sostenibilidad/informe-de-sostenibilidad-2024.pdf>
- Grupo GIGA. (2014). *Plan de Manejo Ambiental del sistema de acuífero del Bajo Cauca antioqueño (segunda etapa)* . <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Informe-Final-PMAA-Bajo-Cauca-Fase-II.pdf>
- GSTC. (2024). *Criterios GSTC para el turismo sostenible* . Consejo Global de Turismo Sostenible (GSTC). <https://www.gstc.org/gstc-criteria/>
- Guillén, JA, Varela-Ortega, C., & Andreu, J. (2016a). Gestión y desarrollo sostenible del agua en América Latina. *Desarrollo ambiental* , 19 , 40–55. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/39188>

□ Guillén, J. A., Varela-Ortega, C., y Andreu, J. (2016b). Hacia una gobernanza sostenible del agua en España: Un enfoque multidisciplinar para la evaluación de políticas. *Environmental Science & Policy* , 55 , 109-119.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901115300745>

□ Gutiérrez Fernández, F., & Restrepo Sánchez, NM (2016). Implementación de sistemas de gestión integral sustentable para destinos turísticos: caso Playa La Aguada, PNN Utría (Colombia). *Polígonos. Revista de Geografía* , (28) , 127–149.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5394127>

□ Gutiérrez Núñez, A. (2021, 21 de junio). Turismo amenaza el agro y el medio ambiente del Occidente de Antioquia, según estudio. *Agronegocios.co* .

<https://www.agronegocios.co/agricultura/turismo-amenaza-el-agro-y-el-medio-ambiente-del-occidente-de-antioquia-segun-estudio-3188880>

□ Hernández, J., & Cárdenas, L. (2024). Turismo y acceso desigual al agua en municipios del occidente antioqueño. *Revista Colombiana de Estudios Regionales* , 29 (1), 77–95.

□ Hernández, JS y Cárdenas, MF (2024). Justicia ambiental, agua y turismo: Cargas y beneficios ambientales en el Triángulo de Oro del occidente antioqueño. *SIIU* , 9 (1), 1-20.

<https://doi.org/10.5821/siiu.12858>

□ Hernández, A., & Picón, JC (2021). Huella hídrica en tierras secas: el caso del turismo de sol y playa en Guanacaste (Costa Rica). *Revista Ambientales* , 53 (2), 1–15.

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7295/0>

□ Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* . McGraw-Hill.

□ Hernández-Vásquez, A., Vargas-Fernández, R., & Piña-Pozas, M. (2018). Educación ambiental y consumo de agua: experiencias desde la salud pública. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* , 35 (2), 304–308.

<https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/es/>

□ Hoekstra, AY, y Hung, PQ (2002). *Comercio de agua virtual: Una cuantificación de los flujos de agua virtual entre naciones en relación con el comercio internacional de cultivos* . Serie de Informes de Investigación sobre el Valor del Agua n.º 11. Instituto UNESCO-IHE para la Educación del Agua.

□ IDEAM. (2021). *Guía técnica para la formulación de POMCA* . Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/web/siac/pomcas>

□ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2010). *Manual de técnicas analíticas para aguas* . IDEAM.

□ Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. (2024). *Cartografía oficial de Colombia* . <https://www.igac.gov.co>

□ Jet, C. (2023). *Importancia de las plantas de tratamiento de aguas* . <https://blog-mx.coldjet.com/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>

□ Justicia ambiental, agua y turismo: un análisis a partir de la distribución de cargas y beneficios ambientales entre los habitantes permanentes y la población flotante en el Triángulo de oro del occidente antioqueño. (2023). [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79861>

□ Lebel, L., Anderies, J. M., Campbell, B., Folke, C., Hatfield-Dodds, S., Hughes, T. P., y Wilson, J. (2010). Gobernanza y capacidad de gestión de la resiliencia en sistemas socioecológicos regionales. *Ecología y Sociedad* , 11 (1), 19. <https://doi.org/10.5751/ES-01606->

[110119](#)

□ Lebel, L., Manuta, J. y Garden, P. (2010). Trampas institucionales y vulnerabilidad a los cambios en el clima y los regímenes de inundaciones en Tailandia. *Cambio Ambiental Regional* , 11 (1), 45–58. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0118-4>

□ Lebel, L., Manuta, JB, y Garden, P. (2010). Trampas institucionales y vulnerabilidad a los cambios en el clima y los regímenes de inundaciones en Tailandia. *Cambio Ambiental Regional* , 10 (3), 49–58. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-010-0118-4>

□ Mello, CR, Norton, LD, Beskow, S. y Curi, N. (2025). Mitigación de sequías hidrológicas severas en la región tropical alta brasileña: Una nueva estrategia de uso del suelo ante el cambio climático. *Journal of Hydrology* , 626 , 130267. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.130267>

□ MinAmbiente. (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico* . Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-nacional-Gestion-integral-de-recurso-Hidrico-web.pdf>

□ MinCIT. (2021). *Política de Turismo Sostenible: Unidos por la Naturaleza* . Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible>

□ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del río Aurra* . Bogotá, Colombia.

□ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible* . Diario Oficial de la

República de Colombia.

□ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS 2015* . Bogotá: MinAmbiente.

□ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0631 de 2015. Parámetros y valores máximos permisibles en vertimientos puntuales* . Diario Oficial de la República de Colombia.

□ Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2025). *Registro nacional de turismo (RNT): Prestadores activos por año* [panel interactivo; filtros: Antioquia, Sopetrán].

PuertoColombia. <https://portucolombia.mincit.gov.co/tematicas/registro-nacional-de-turismo-rnt-1?>

□ Municipio de Sopetrán (Antioquia). (sf). *Plan de Ordenamiento Territorial (POT) y Plan de Desarrollo Municipal* . <https://www.sopetran-antioquia.gov.co>

□ OMT (OMT). (2013). *Día Mundial del Turismo 2013: Promoviendo el papel del turismo en la preservación del agua* . <https://www.unwto.org/archive/global/press-release/2013-06-03/world-tourism-day-2013-promoting-tourisms-role-water-preservation>

□ OMT (OMT). (2023). *Turismo y gestión del agua: Hacia la resiliencia y la sostenibilidad* . Organización Mundial del Turismo. <https://www.unwto.org>

□ ONU. (2020). *El impacto de la contaminación del agua en la salud y el medio ambiente: Un informe global* . <https://www.un.org/es/sections/issues-Depth/water-and-sanitation>

□ Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* . <https://www.un.org/desarrollosustainable/es/> *

□ Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Guías para la calidad del agua potable: Criterios de salud y otra información de apoyo* (4.^a ed., incorporando la primera

adenda). OMS.

□ Organización Mundial de la Salud. (2019). *Agua potable y saneamiento: Estadísticas globales* . <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

□ Peralta, J., Rodríguez, A. y Salazar, P. (2021). Desabastecimiento hídrico en el sistema de ciudades de Colombia: Ordenamiento ambiental y territorial en el área hidrográfica Magdalena–Cauca. *Revista Gestión y Ambiente* , 24 (2), 45–60.

□ Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible* . Diario Oficial de la República de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co>

□ *Proyectos Ambientales Escolares -PRAE en Colombia: Vivero de la nueva ciudadanía ambiental de un país que se constituye en el escenario del posconflicto y la paz* . (2016).

Manizales: LA PATRIA SA

https://archivo.minambiente.gov.co/images/OrdenamientoAmbientalyTerritorialyCoordinaciondelSIN/pdf/VII_Encuentro_Nacional_de_Educaci%C3%B3n_Ambiental/PRAE.pdf

□ Redalyc. (2001). Educación ambiental y gestión sostenible de los recursos hídricos. *Revista Mexicana de Ecología* , 1 (2), 45–62. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53908206.pdf>

□ Ríos, P., Martínez, J., & García, T. (2019). Conservación de la cuenca del río Sopetrán: Desafíos para la biodiversidad. *Estudios Ambientales en Antioquia* , 12 (1), 88–102. <https://www.estudiosambientalesantioquia.org>

□ Schandl, H., Lu, Y., y West, J. (2016). Convertir la eficiencia de los recursos en un motor del desarrollo sostenible. *Environmental Science & Policy* , 58 , 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.12.008>

□ Secretaría de Turismo de Antioquia. (2023, agosto). *Informe 5: Caracterización de la*

oferta turística de Antioquia. Sistema de Inteligencia Turística de Antioquia (SITA) .

<https://secretaria.turismoantioquia.travel/wp-content/uploads/2023/12/5.Informe-Caracterizacion-de-la-oferta-turistica.pdf>

□ Sotelo Pérez, I., Sotelo Pérez, M., & Sotelo Navalpotro, JA (2023). Análisis geográfico regional de la huella hídrica española: bases para la planificación turística. *Cuadernos de Turismo* , (53) . <https://revistas.um.es/turismo/article/view/571661>

□ Superservicios. (2024). *Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios* . <https://wa-reportsui.azurewebsites.net//home/report/6a860372-be01-47d7-9680-717e6c180f79>

□ Teleantioquia. (2023, 12 de enero). *Repudio por vertimiento de aguas negras* . <https://www.teleantioquia.co/noticias/repudio-por-vertimiento-de-aguas-negras/>

□ Teleantioquia. (2023). *Repudio por vertimiento de aguas negras* . <https://www.teleantioquia.co/repudio-vertimiento-aguas-negras-sopetran>

□ Thapa, B. (2012). ¿Por qué la sostenibilidad es insuficiente en el desarrollo del ecoturismo? Perspectivas del Área de Conservación del Annapurna en Nepal. *Current Issues in Tourism* , 15 (3), 247–267. <https://doi.org/10.1080/13683500.2011.555525>

□ UNESCO. (2022). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2022: Aguas subterráneas* . <https://www.unesco.org/reports/wwdr/2022/en>

□ Universidad de Antioquia. (2021). *Turismo sostenible y gestión del recurso hídrico: retos para Antioquia* . Biblioteca Digital UdeA. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/1ad99699-7dce-41b7-9a47-a10baddf473d>

□ Universidad de Murcia. (2023). *Estrategias de turismo sostenible en territorios de*

alta presión ecológica . Cuadernos de Turismo.

<https://revistas.um.es/turismo/article/view/571661>

□ Universidad EIA. (2022). *Ecotecnologías aplicadas a la gestión del recurso hídrico en destinos turísticos* . Repositorio institucional Universidad EIA.

<https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/c351afc5-9766-429c-9036-0da446fe4c65/content>

□ Universidad Nacional de Costa Rica. (2021). Turismo sostenible y gestión comunitaria del agua en cuencas. *Revista Ambientales* .

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7295/0>

□ VEOLIA. (2023). *El ABC de los pozos sépticos* .

https://blog.latamib.veolia.com/es/el_abc_de_los_pozos_septicos

□ Veolia Water Technologies. (2022). *Turbidimetría en la monitorización de la calidad del agua* . Veolia.

□ Tecnologías del agua de Veolia. (2022, 24 de octubre). *Turbidez del agua: cómo se mide y sus niveles de calidad* . Veolia Water Technologies LATAM.

<https://golatam.veoliawatertechnologies.com/es/blog/turbidez-del-agua-como-se-mide-y-sus-niveles-de-calidad>

□ Velásquez Muñoz, D. (2018). *Impacto potencial del cambio climático en la oferta hídrica de la cuenca de la quebrada La Sopetrana, Antioquia* (Trabajo de grado de pregrado). Universidad EIA. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2199>

□ Vera-Rebollo, JF y Baños, CJ (2010). Turismo, territorio y sostenibilidad: Aproximación conceptual. *Cuadernos de Turismo* , 25 , 217–235.

□ Wang, D., Liu, Y., Zhang, L. y Chen, Y. (2023). Evaluación de la respuesta de la

eficiencia del uso del agua a la variabilidad climática y los cambios en el uso del suelo en la zona montañosa del norte de China. *Ecological Indicators* , 150 , 110241.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110241>

□ Wolf, AT (2006). Conflicto y cooperación en torno a los recursos internacionales de agua dulce. *Política del Agua* , 8 (5), 365–386. <https://doi.org/10.2166/wp.2006.037>

□ Yin, RK (2018). *Investigación y aplicaciones de estudios de caso: Diseño y métodos* (6.^a ed.). Publicaciones SAGE.

ANEXOS

Anexo 1. Certificación SENA: Toma de Muestras de Agua Potable.

Pertenencia: Corresponde al autor de la presente tesis, Diego Vanegas, como evidencia de la formación técnica requerida para la metodología de muestreo descrita en el Capítulo de Metodología.



El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

En Cumplimiento del Decreto 1072 de 2015

otorga

Certificado de Competencia Laboral a

DIEGO MAURICIO VANEGAS ROMERO

Con CÉDULA DE CIUDADANÍA No. 1026580371

Quien demostró su Competencia Laboral en la
Norma

**Tomar muestras de agua de acuerdo con manuales técnicos y normativa del sector / Agua tratada -
NIVEL AVANZADO**

Código: 280201242 - Versión: 1

En testimonio de lo anterior, se firma el presente en BOGOTÁ D.C.. A los trece (13) días del mes de Diciembre de dos mil veintitres (2023)

Firmado Digitalmente por

1774853 - 13/12/2023
No Y FECHA REGISTRO

MONICA ANDRADE RIOS
Subdirectora (E) CENTRO DE GESTIÓN INDUSTRIAL
REGIONAL DISTRITO CAPITAL

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 9211002802012422231CC1026580371C.



Libertad y orden
RÉPUBLICA DE COLOMBIA

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA

En Cumplimiento del Decreto 1072 de 2015

otorga

Certificado de Competencia Laboral a

DIEGO MAURICIO VANEGAS ROMERO

Con CÉDULA DE CIUDADANÍA No. 1026580371

Quien demostró su Competencia Laboral en la
Norma

**NIVEL AVANZADO - Recolectar muestras de agua de acuerdo con procedimientos y normas
técnicas**

Código: 280201214 - Versión: 1

En testimonio de lo anterior, se firma el presente en MOSQUERA. A los diez (10) días del mes de Diciembre de dos mil diecinueve (2019)

Firmado Digitalmente por

740067 - 10/12/2019
No Y FECHA REGISTRO

EDGARD SIERRA CARDOZO
Subdirector de Centro CENTRO DE BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA
REGIONAL CUNDINAMARCA

Vigencia:
hasta el 10 de Diciembre de 2022

La autenticidad de este documento puede ser verificada en el registro electrónico que se encuentra en la página web <http://certificados.sena.edu.co>, bajo el número 951200280201214CC1026580371C.

ANEXOS 2 ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN

Pertenencia: Diseñada y aplicada por Diego Vanegas y Alejandra Bedoya, contiene el cuestionario completo y el resumen de respuestas, utilizados para el análisis de percepción ambiental detallado en la Metodología.

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe0HDw5VmyfcZMsnzDFK0NSUDm-e6X_8PG6e13q-1lPC1rWhw/viewform?usp=header

ENCUESTA DE PERCEPCIÓN Diseño de estrategias de gestión del recurso hídrico en el municipio de Sopetrán, en la cuenca alta del río Aurra, derivadas de la afectación del turismo en el occidente antioqueño.

La presente encuesta tiene como objetivo conocer su percepción sobre el recurso hídrico en la cuenca del río Aurra, ubicada en el municipio de Sopetrán, en relación con las dinámicas del turismo. La información recopilada será tratada con estricta confidencialidad y utilizada exclusivamente con fines académicos, como parte del trabajo de grado titulado:

"Diseño de estrategias de gestión del recurso hídrico del municipio de Sopetrán en la cuenca alta del río Aurra, derivadas de la afectación del turismo en el occidente antioqueño."

Dado que el propósito de esta encuesta es comprender su percepción sobre el recurso hídrico y el turismo en el municipio de Sopetrán, no se recopilarán datos personales identificables como nombre, correo electrónico u otra información sensible.

Su opinión es muy valiosa; por ello, las respuestas que usted proporcione contribuirán de manera significativa a los resultados de este trabajo de grado. Al continuar con el diligenciamiento de la encuesta, usted confirma su consentimiento para participar de forma voluntaria y anónima.

Agradecemos sinceramente su participación. Al completar esta encuesta, usted autoriza el uso de los datos para el desarrollo de este estudio académico.

4. ¿Desde qué momento considera usted que la actividad turística en la zona se desbordó?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Hace 2 años
☐ Hace 5 años
☐ Hace 10 años
☐ Hace 15 años

6. Explique brevemente el motivo de su respuesta:

7. ¿Cuál considera usted que ha sido la principal afectación ambiental asociada al turismo en la zona?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Contaminación de fuentes hídricas
☐ Generación excesiva de residuos sólidos
☐ Deforestación o pérdida de cobertura vegetal
☐ Aumento en el consumo de agua
☐ Otro

8. Si eligió "Otro", ¿cuál?

1. ¿Autoriza el tratamiento de sus datos personales con fines académicos y de investigación, conforme a lo establecido en la Ley 1581 de 2012 y en la Política de Tratamiento de Datos Personales de la entidad responsable de esta encuesta?

Selecciona todos los que correspondan.

- ☐ Si Autorizo
☐ No Autorizo

2. 1. Entidad que representa

Selecciona todos los que correspondan.

	Sopetrán	Otro
Sector público (Alcaldía, Corantioquia y/o otros)	☐	☐
Sector privado (empresas)	☐	☐
Comunidad	☐	☐

3. 2. Si eligió "Otro", ¿cuál?

4. 3. ¿Ha notado usted si la cantidad de recurso hídrico disminuye o aumenta cuando hay alto flujo de turismo?

9. 6. ¿Cómo considera usted que el turismo ha impactado los recursos naturales de la zona?

Marca solo un óvalo.

- ☐ Positivamente
☐ Negativamente
☐ No ha tenido impacto

10. Justifica tu respuesta

11. 7. ¿Qué tipo de vertimientos o residuos ha observado usted en la zona?

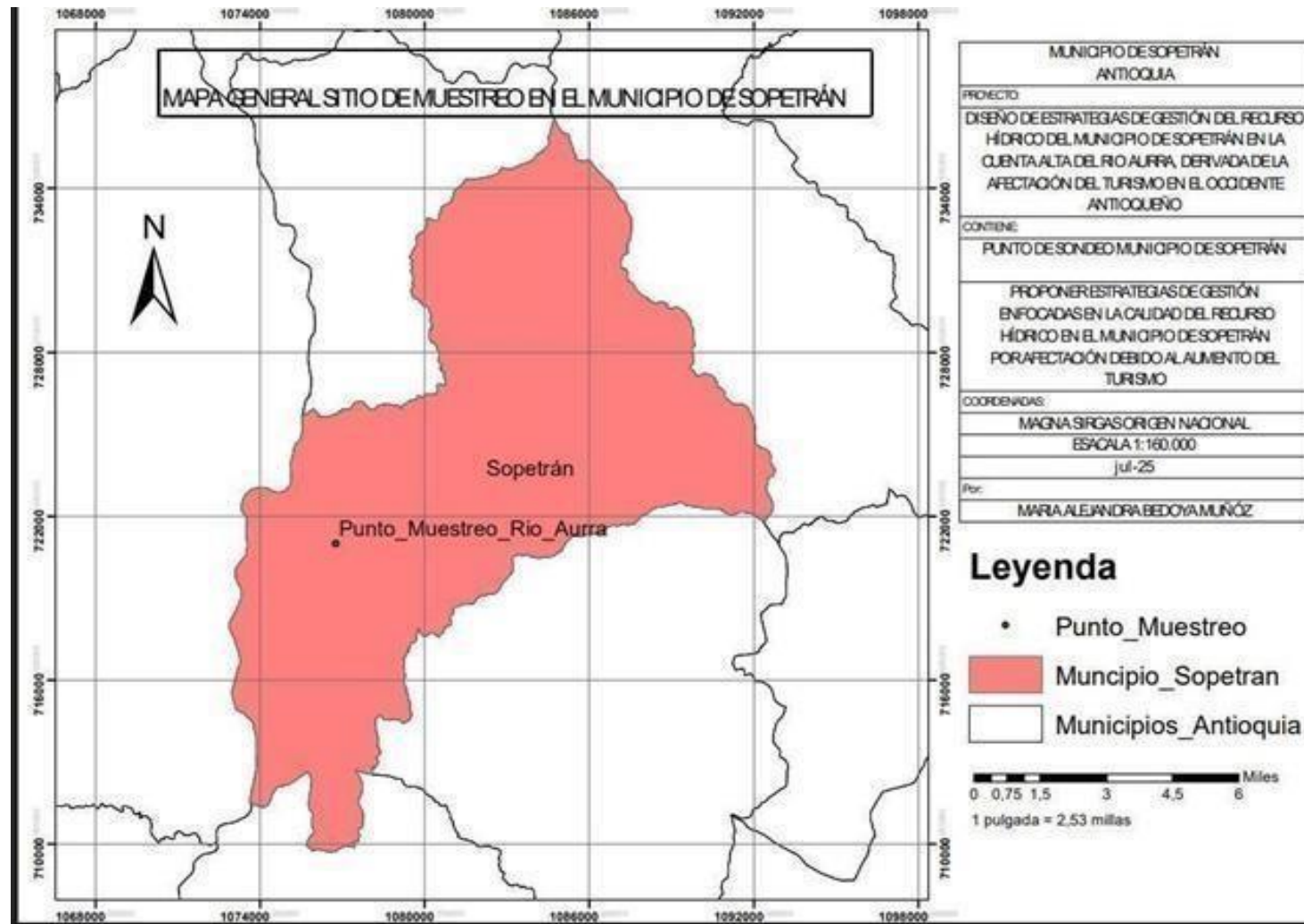
12. 8. ¿Cuáles considera usted que son las principales actividades económicas que afectan la calidad del agua en la región?

Marca solo un óvalo.

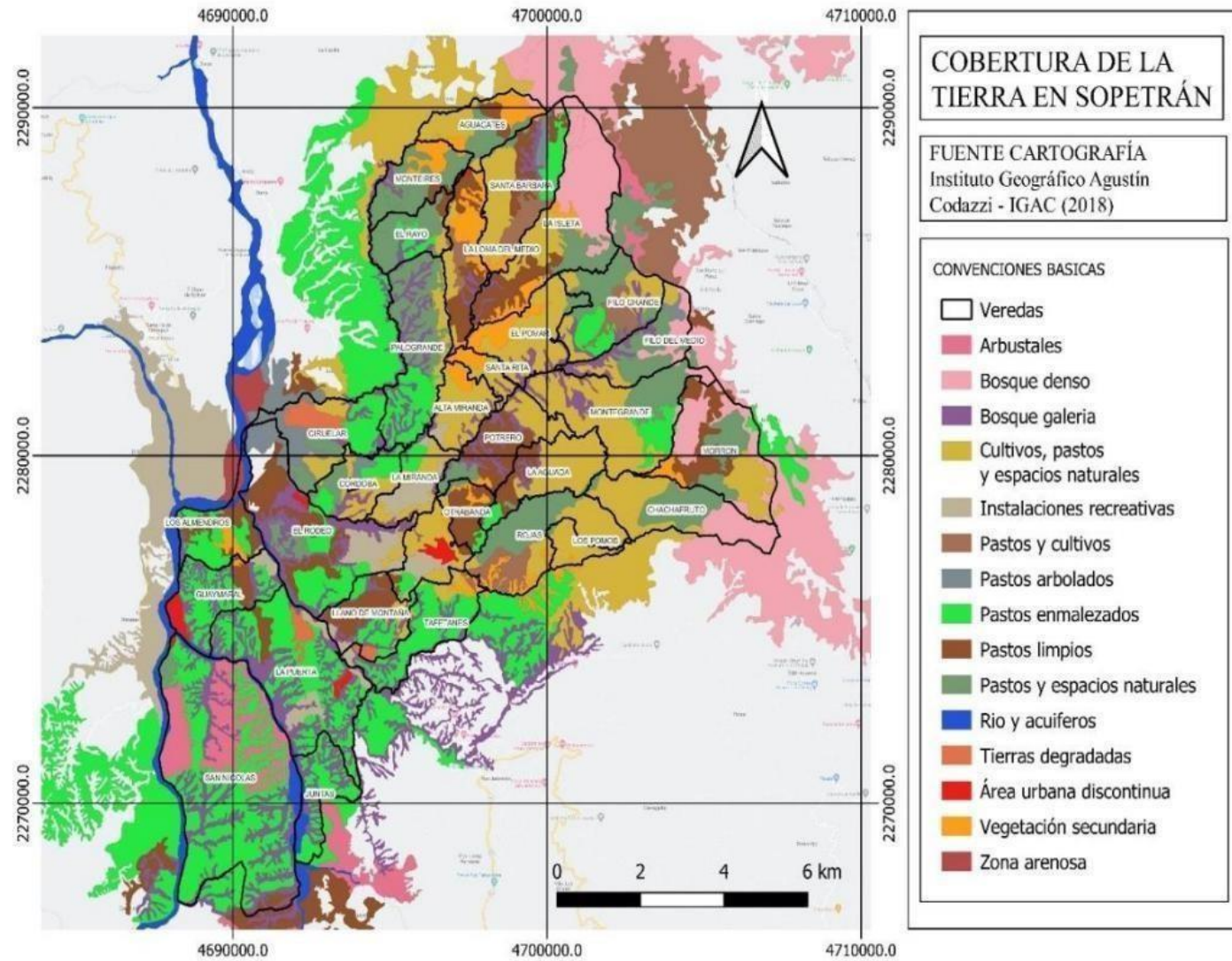
- ☐ Turismo
☐ Parcelación del Territorio
☐ Deforestación
☐ Agricultura
☐ Otras

Anexo 3. Mapa de Muestreo del área de estudio.

Pertenencia: Elaborado por Diego Vanegas y María Alejandra Bedoya para la presente investigación. Representa la ubicación exacta de los puntos de toma de muestras descritos en la Metodología.



Nota. Elaboración propia.



Nota.: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2018). *Cobertura de la tierra en Sopetrán*.

