

**EVALUACION Y ANALISIS DE IMPACTOS QUE OCASIONA LA DISTRIBUCIÓN
INFORMAL DE AGUA EN EL BARRIO SAN AGUSTÍN DE ISTMINA, CHOCÓ.
PROYECTO DE GRADO**

PROFESOR: ANDRES FELIPE MUÑOZ TRIVIÑO

**JAINER JOSEPH PEREA RIVAS
CC. 1076326590**

**UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
MAESTRIA GESTION SOSTENIBLE DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA.
NOVIEMBRE DE 2025.**

Contenido

INTRODUCCION.....	4
OBJETIVO GENERAL	¡Error! Marcador no definido.
IDENTIFICACION DEL PROBLEMA.....	6
MARCO LEGAL.....	6
METODOLOGIA.....	8
ÁREA DE ESTUDIO	8
POBLACIÓN Y MUESTRA	9
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	10
1. DISEÑO DEL INSTRUMENTO.....	10
2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	11
2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN	11
2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	11
3. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	11
4. APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO	11
PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	12
FASE I – IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	12
FASE II – EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	13
1) Recolección de insumos.....	13
2) Definición de escalas.....	13
3) Estructura de la matriz.....	14
4) Análisis de afectaciones	16
FASE III – PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	16
RESULTADOS.....	17
DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSION.....	30
RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS	32

IMÁGENES.

Ilustración 1 Zona de captación. (a) Lago de captación; (b) Bocatoma y tuberías de captación; (c) Desarenadores y tanques de sedimentación	5
Ilustración 2 Barrio San Agustín Istmina, Chocó.....	9
Ilustración 3 Encuesta barrio San Agustín.....	12
Ilustración 4 Distribución de casos de enfermedades barrio San Agustín de Istmina.....	18

TABLAS.

Tabla 1 Definición de ítems matriz de Leopold.	14
Tabla 2 Estructura matriz de Leopold.	16
Tabla 3 Elaboración de fichas de manejo ambiental	17
Tabla 4 Matriz de Leopold - Distribución informal de agua en el área de estudio.	20
Tabla 5 Ficha de manejo ambiental #1	23
Tabla 6 Ficha de manejo ambiental #2	24
Tabla 7 Ficha de manejo ambiental #3	26
Tabla 8 Ficha de manejo ambiental #4	27

ECUACIONES

Ecuación 1 Afecciones positivas.	14
Ecuación 2 Afecciones negativas.....	15
Ecuación 3 Total afecciones	15
Ecuación 4 Total agregado	15

INTRODUCCION.

Los impactos ambientales que genera la distribución informal de agua, son un fenómeno global y sanitario, tanto en el ámbito urbano, como en el ámbito rural (Benavides, 1998). Estas alteraciones se generan por no contar con una infraestructura formal, lo que no permite accesibilidad y equidad en servicio de abastecimiento de agua (Ruiz, 2006). Las modificaciones ambientales se originan, debido a, que esta distribución informal se realiza, a través de camiones cisterna, venta de agua, extracción de fuentes hídricas, entre otros (Fragkou et al, 2022). Dicho tipo de abastecimiento permite a millones de personas a nivel mundial acceder al recurso hídrico, especialmente en zonas marginadas y barrios periféricos (Del Valle Melendo, 2021). Lo anterior, eleva los costos de los beneficiarios que consumen estos servicios e impacta financieramente los usuarios de bajos recursos que dependen de este tipo de abastecimiento (Rodrigues, Gonçalves, and Marques, 2024).

Algunas investigaciones han documentado estos impactos ambientales, como por ejemplo en Beirut, Líbano, donde se tiene una estructura formal del 77% de tratamiento y distribución de agua a través de tuberías y el 23% que no se alcanza a atender debido a inestabilidad geopolítica, corrupción y grupos armados que controlan la región. Ese restante, 23% se abastece a través de 3 fuentes de la siguiente manera: 10% cisterna, 12% pozos, 1% embotellada, obteniendo así un 100% de abastecimiento (Daher et al, 2022). Teniendo en cuenta este contexto, se realizó un análisis de costos beneficio (ACB), de la distribución del recurso hídrico, en su infraestructura, operación y mantenimiento a través de la metodología de análisis de costo beneficio (ACB) (Choueiri et al, 2022). Allí se obtuvo como conclusión que los costos son muy elevados y los beneficios son pocos. Este esquema de distribución provoca impactos como la contaminación de cuerpos de agua, alteración del suelo, degradación de la infraestructura hídrica, impactos en el sector agrícola y degradación de la salud pública, evidenciando una clara dependencia del abastecimiento informal y generando impactos significativos aunados a la débil organización institucional (Chamieh et al, 2024).

Por otra parte, cabe destacar que, en Mendoza, Argentina, muchos agricultores son vulnerables, debido a los impactos que generan el uso de agua intensivo, de las grandes industrias de vinos y la poca rigurosidad institucional, que permite el uso de pozos subterráneos para el abastecimiento de estos (Zuniga-Teran et al, 2021). Por consiguiente, se genera escasez de agua y una disminución en la cosecha, elevando los costos de producción y degradando las finanzas de la población (Arteaga N. and Burbano N, 2018). Paralelamente, en Colombia ocurren dinámicas muy similares de abastecimientos informales que utilizan los agricultores, los cuales acarrearán impactos significativos; por lo general, estos abastecimientos proveen agua a las zonas rurales y barrios periféricos (Alvarez et al., 2024).

Desde el punto de vista de salud pública y social, los impactos que genera la distribución informal de agua, representan un riesgo a razón de la contaminación química y microbiológica (Combariza and Chacon, 2021). Esto, sumado al cambio climático y el deficiente saneamiento básico, favorece el desarrollo de afecciones por la poca disponibilidad de agua de calidad (Gaspar-Santos et al, 2024). Generalmente, el fenómeno se observa en regiones de bajos ingresos e infraestructuras deficientes en la conducción y el tratamiento del recurso hídrico (Hernandez et al, 2023). En zonas urbanas y rurales, la acumulación de residuos, la pobre o nula desinfección, es el ambiente propicio para la aparición de microorganismos patógenos

que implican enfermedades como: Parasitosis, cólera, fiebre tifoidea, hepatitis A y E, diarrea, Salmonelosis, gastroenteritis (Victor et al, 2022).

Como resultado, diversos estudios se han centrado en mejorar los parámetros del agua, como lo son, pH, turbidez, carga microbiana, entre otros, parámetros importantes (Getahun, Befekadu, and Alemayehu, 2024). Dichos parámetros se ven afectados por las distintas prácticas de distribución informal. Estos análisis buscan disminuir estas afecciones para obtener un agua más segura. (Subbaraman et al, 2013). Para ejemplificar se tiene el caso de África Subsahariana, donde se abastece casi un 20% de la población con aguas con tratamiento deficiente, ocasionando diarreas y diarreas con sangrado, convirtiéndose en una importante causa de muerte de esta población. Se han realizado campañas por medio de Organizaciones No Gubernamentales (ONG) como lo son: REMAR, Manos Unidas y la ONG Burkina Vert, para reducir la morbilidad adulta e infantil, con estrategias como el lavado de manos, la desinfección de recipientes de almacenamiento y una correcta canalización del recurso hídrico (Dos Santos et al, 2015)

Bajo este contexto, en el barrio San Agustín De Istmina, Chocó, en Colombia, existen posibles impactos ambientales generados, por la distribución informal de agua (Isabela Porras, 2021). El aprovechamiento del recurso hídrico, se realiza de esta forma, por la imposibilidad de abastecimiento de otras fuentes cercanas, como la quebrada San Pablo o el río San Juan, debido al alto nivel de contaminación de metales pesados en las mismas (Pablo et al, 2023). Este sistema de aprovechamiento es simple, se capta el agua del lago superficial San Agustín, y se almacenan en taques de 2 m³, que realizan un proceso de sedimentación. Luego, se realiza el proceso de distribución por todo el barrio a través de tubos PVC de 2 pulgadas que atraviesan el barrio de norte a sur. Esta estructura, permite que cada hogar obtenga el recurso hídrico (Isabela Porras, 2021). En el presente proyecto, se estudian los posibles impactos, generados en esta población por la distribución informal de agua, tanto a nivel social como sanitario. Así mismo, se generan recomendaciones para el mejoramiento del sistema.



Ilustración 1 Zona de captación. (a) Lago de captación; (b) Bocatoma y tuberías de captación; (c) Desarenadores y tanques de sedimentación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el barrio San Agustín, en Istmina, Chocó se presenta una baja cobertura, y continuidad de sistemas formales de abastecimiento, por lo que la distribución informal se consolida con una alternativa de abastecimiento de la población (Isabela Porras, 2021). Este medio de suministro incluye prácticas como el uso de pozos sin concesión y venta de agua, los cuales se ejecutan sin los respectivos controles técnicos, sanitarios y ambientales, estipulados en la normativa vigente (Ruiz, 2006).

La ausencia de procesos de monitoreo en el tratamiento de agua en dicho barrio representa un riesgo significativo a la salud pública. Así mismo, la falta de controles a los factores físicos, químicos y microbiológicos, sumado a las deficientes condiciones de transporte y almacenamiento, aumenta el riesgo de consumo de agua no apta para uso humano (Chamieh et al, 2024). Esta situación se relaciona con mayor vulnerabilidad de la población de desarrollar enfermedades de origen hídrico, como lo son parasitosis, gastroenteritis, diarrea, entre otras.

Desde el punto de vista ambiental, la distribución informal de agua en el barrio San Agustín, implica impactos ambientales negativos, derivados de la extracción no regulada de fuentes de abastecimiento, lo que puede derivar en alteración de las fuentes hídricas, contaminación de las fuentes superficiales y sobreexplotación de las fuentes hídricas (Zuniga-Teran et al, 2021). A su vez, la falta de planes de manejo ambiental que protejan estas fuentes como el pozo San Agustín, contribuye a la degradación ambiental y la capacidad de recuperación de ecosistemas.

En síntesis, se hace necesario realizar estudios técnicos, que permitan evaluar los impactos ambientales generados y los riesgos de salud pública, provocados por la distribución informal de agua en el barrio San Agustín, con el propósito de realizar la generación de información que permita la implementación de medidas de control y mitigación, alrededor de la gestión del recurso hídrico (Gaspar-Santos et al, 2024). En este contexto, el presente proyecto busca evaluar los impactos ambientales que ocasiona la distribución informal de agua en el barrio San Agustín de Istmina, Chocó, mediante la aplicación de una matriz de Leopold, con el fin de generar un plan de mitigación ambiental.

MARCO LEGAL

El acceso al agua potable, la protección del ambiente y la prevención de riesgos sanitarios se sustentan en un conjunto de normas nacionales que regulan la prestación del servicio público de acueducto, el manejo del recurso hídrico y la salud ambiental. Estas disposiciones constituyen el marco jurídico que orienta el análisis de los impactos ambientales y sanitarios del sistema informal de distribución de agua en el barrio San Agustín, en Istmina (Chocó).

1. CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA (1991)

La Constitución establece el agua como un derecho fundamental ligado a la salud, la vida digna y el ambiente sano. El artículo 79 reconoce el derecho de todas las personas a gozar

de un ambiente sano, mientras que el artículo 365 define los servicios públicos como inherentes a la finalidad social del Estado. Además, la Corte Constitucional ha reiterado que el acceso al agua potable constituye un derecho fundamental autónomo (Sentencia T-616 de 2010).

2. LEY 99 DE 1993 – CREACIÓN DEL MINISTERIO DE AMBIENTE

Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y establece los principios generales de la gestión ambiental en el país. Dispone la protección del recurso hídrico, la prevención de la contaminación y la evaluación de impactos ambientales como función obligatoria del Estado. Esta ley es el fundamento para los estudios de impacto ambiental y para las medidas de manejo ambiental en ecosistemas estratégicos.

3. LEY 142 DE 1994 – RÉGIMEN DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

Regula la prestación de los servicios públicos, entre ellos el acueducto. Define responsabilidades de los prestadores y la obligatoriedad de cumplir estándares de calidad, continuidad y cobertura. Asimismo, establece que los municipios deben garantizar el acceso al servicio, y que la informalidad en la distribución del agua genera riesgos que deben ser gestionados por la administración local.

4. DECRETO 1575 DE 2007 – SISTEMA PARA LA PROTECCIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA (SILAB)

Establece el marco para la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Define responsabilidades para autoridades sanitarias, prestadores de servicio y municipios frente a la vigilancia, control y manejo del recurso. Este decreto es clave para evaluar riesgos asociados a sistemas no formales o comunitarios que no cumplen con los parámetros microbiológicos exigidos.

5. RESOLUCIÓN 2115 DE 2007 – PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Reglamenta los criterios y valores máximos permisibles de características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano. Esta resolución es fundamental para comparar el agua del sistema informal con los estándares legales de potabilidad.

6. DECRETO 1076 DE 2015 – DECRETO ÚNICO REGLAMENTARIO DEL SECTOR AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Compila normas relacionadas con la gestión del recurso hídrico, la protección de fuentes de agua, los permisos de captación, la regulación de vertimientos y la evaluación de impactos ambientales. Es especialmente relevante para actividades de captación en ríos, quebradas o manantiales.

7. LEY 373 DE 1997 – PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA (PUEAA)

Establece la obligación de implementar estrategias de uso eficiente y conservación del recurso hídrico, tanto por entidades públicas como por sistemas comunitarios. En contextos de escasez y variabilidad hídrica, esta ley orienta acciones para reducir presión sobre fuentes locales.

8. LEY 1523 DE 2012 – GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Aunque centrada en la gestión del riesgo, incluye la responsabilidad municipal de prevenir emergencias por fallas en infraestructura hídrica, inundaciones y contaminación del agua. Esto aplica a sistemas informales con tuberías expuestas, roturas o conexiones inseguras.

9. LEY 9 DE 1979 – CÓDIGO SANITARIO NACIONAL

Define normas para la salud pública, la calidad del agua y la protección sanitaria. Obliga a garantizar agua apta para consumo humano y establecer medidas para prevenir enfermedades de origen hídrico. Es un soporte legal para explicar por qué el agua informal puede generar diarrea, gastroenteritis y parasitosis.

10. RESOLUCIÓN 154 DE 2014 – PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO (PGIRP)

Obliga a los prestadores de agua a identificar riesgos operativos y ambientales, así como a implementar medidas preventivas. Aunque los sistemas informales no están regulados, esta norma sirve como referente técnico para diseñar medidas de manejo ambiental y planes de mejora.

METODOLOGIA

En el lugar de estudio se evidencia la carencia de infraestructura formal para el tratamiento y la distribución de agua, situación que se agrava con la contaminación de las fuentes cercanas, influenciada por actividades de extracción y poco control institucional, lo que limita el acceso a la población a fuentes de abastecimiento seguro. Ante los elevados costos de la compra de agua embotellada y camiones cisterna, la comunidad desarrolló un abastecimiento informal de forma empírica, donde básicamente se capta el líquido desde la zona más alta y se provee del mismo a la zona mas baja, con un sistema de tuberías, sin ningún tipo de control sanitario.

Este sistema informal genera impactos sobre las fuentes de captación y sus alrededores, así como un posible riesgo a la salud pública, particularmente en el desarrollo de posibles enfermedades de origen estomacal por el consumo de agua sin tratar, cuya incidencia y magnitud no han sido estudiadas previamente. En este contexto, la investigación se enfocó en generar un plan de mitigación para el mejoramiento del sistema informal de abastecimiento de la siguiente manera:

ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se desarrolló en el municipio de Istmina, departamento del Chocó, en Colombia; específicamente en el barrio San Agustín, el cual cuenta con un área de 10,64 hectáreas y una altitud de 65 metros sobre el nivel del mar (msnm) (ALCALDIA DE ISTMINA, 2020) El barrio San Agustín es un territorio plano, con una zona topográficamente irregular, el cual tiene una elevación hacia un extremo montañoso, y es atravesado por distintas fuentes hídricas, como lo son el lago San Agustín, la quebrada San Agustín y el río San Juan. En la zona se reportan precipitaciones anuales de 2.000 a 4.000 mm, y temperaturas promedio anual superiores a 24°C, con zonas de vida bosque húmedo tropical (bh-T) (Acevedo et al, 1980). El proyecto de distribución informal de agua, se encuentra en dicho barrio en la zona montañoso, y atraviesa el mismo de norte a sur, alimentando de agua al 90 por ciento del mismo.



Ilustración 2 Barrio San Agustín Istmina, Chocó.

POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

La población objeto de estudio corresponde a los habitantes del barrio San Agustín, ubicado en el municipio de Istmina (Chocó), quienes dependen parcial o totalmente del sistema informal de distribución de agua. Según registros comunitarios y estimaciones locales, el barrio cuenta con aproximadamente 800 habitantes distribuidos en alrededor de 300 familias, lo que constituye el universo total de personas potencialmente afectadas por las condiciones sanitarias y ambientales del sistema de abastecimiento informal.

MUESTRA

La muestra seleccionada para este estudio estuvo conformada por 200 familias, equivalentes a cerca de 600 personas, quienes participaron en las encuestas estructuradas aplicadas durante el trabajo de campo. Esta cifra representa prácticamente el total de hogares del barrio, por lo que se trabajó con un muestreo de tipo censal, donde se incluye a todos los elementos disponibles de la población (Tamayo, 2020).

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo de esta investigación se empleó como instrumento principal una encuesta estructurada, aplicada de manera presencial a los hogares del barrio San Agustín, en Istmina (Chocó). La encuesta permitió recopilar información cuantitativa y cualitativa relacionada con el uso del sistema informal de distribución de agua, las condiciones sanitarias, la percepción de impactos ambientales y la presencia de enfermedades asociadas al consumo del recurso hídrico. Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2021), las encuestas estructuradas son adecuadas en estudios descriptivos cuando se requiere obtener información estandarizada y comparable entre múltiples participantes, lo que facilita el análisis posterior de tendencias y patrones. En este caso, el instrumento se diseñó teniendo en cuenta la necesidad de evaluar aspectos sociales, ambientales y sanitarios de forma integrada.

1. DISEÑO DEL INSTRUMENTO

La encuesta fue elaborada con preguntas cerradas y semiabiertas, organizadas en seis bloques temáticos:

- ✚ Datos sociodemográficos
 - Edad del representante del hogar
 - Número de integrantes del hogar
 - Actividad económica principal
 - Condición de vulnerabilidad
- ✚ Acceso al agua y funcionamiento del sistema informal
 - Principal fuente de agua utilizada
 - Horas sin suministro semanal
 - Frecuencia de uso del sistema informal
 - Costos asociados al servicio
- ✚ Condiciones sanitarias y manejo del agua en el hogar
 - Métodos de almacenamiento
 - Prácticas de desinfección (hervido, cloración, filtrado)
 - Uso de recipientes adecuados
- ✚ Enfermedades asociadas al agua
 - Presencia de diarrea, parasitosis, gastroenteritis u otras afecciones
 - Frecuencia de episodios
 - Gastos en salud asociados
- ✚ Percepción de impactos ambientales
 - Reducción de caudales
 - Sedimentación
 - Pérdida de biodiversidad acuática
 - Inundaciones
 - Acumulación de residuos sólidos
- ✚ Disposición a participar en mejoras y pago por el servicio
 - Disposición a pagar (DAP)
 - Expectativas de formalización

- Nivel de participación comunitaria

2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Residir en el barrio San Agustín del municipio de Istmina (Chocó), en una vivienda abastecida total o parcialmente mediante el sistema informal de distribución de agua.
- Ser mayores de 18 años, en el caso de los encuestados que respondieron el formulario en representación del hogar.
- Haber utilizado el sistema informal de distribución de agua durante al menos los últimos seis meses, lo cual garantiza experiencia y conocimiento directo de su funcionamiento.
- Aceptar voluntariamente participar en la encuesta y brindar su consentimiento informado.
- Pertenecer a un hogar que forma parte del sistema comunitario, incluyendo usuarios activos, intermitentes o en proceso de reconexión.

2.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Personas no residentes del barrio San Agustín, incluso si tenían relación laboral o social con la comunidad.
- Viviendas que no hacen uso del sistema informal de distribución, ya sea porque cuentan con otro tipo de abastecimiento (pozos propios, acueducto formal, agua envasada como fuente principal).
- Menores de edad que no podían otorgar consentimiento informado y no estaban autorizados para responder en representación del hogar.
- Personas con dificultades para comprender la encuesta en el momento de su aplicación (por ejemplo, limitaciones cognitivas o barreras idiomáticas sin acompañante familiar).
- Hogares ausentes o que no completaron la encuesta, pese a tener al menos dos intentos de visita domiciliaria.
- Personas que manifestaron no desear participar, respetando así el principio ético de autonomía.

3. VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

Antes de su aplicación, la encuesta fue sometida a un proceso de validación por juicio de expertos, el cual contó con la revisión de:

- Un Ingeniero ambiental.
- Un líder comunitario del barrio San Agustín.

El proceso permitió ajustar la redacción de algunas preguntas para garantizar claridad, pertinencia cultural y comprensión por parte de los participantes, siguiendo las recomendaciones metodológicas de Creswell y Creswell (2018).

4. APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO

La encuesta se aplicó de manera presencial, mediante entrevistas directas en cada vivienda, lo cual permitió:

- Asegurar la comprensión de las preguntas.

- Registrar respuestas de forma inmediata y precisa.
- Eliminar barreras de alfabetización.
- Obtener información sobre prácticas reales y percepciones inmediatas.

La aplicación se llevó a cabo durante 45 días, con apoyo de líderes comunitarios para facilitar el acceso a los hogares.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se desarrollaron tres fases:

FASE I – IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.

En esta primera fase, se identificaron los impactos que se presentan en el barrio San Agustín a través, de una encuesta estructurada, con preguntas cerradas. Las encuestas se realizaron de forma presencial, en una muestra representativa de 200 familias. En total, se estima un aproximado de 600 personas encuestadas. Posteriormente, se consolidó la información preliminar de impactos que se están presentando en dicho barrio. Luego, se consolidó la información y se obtuvieron los siguientes datos:

- Total, registros.
- Edad promedio.
- Tamaño promedio del hogar (Número de personas).
- Fuente de agua predominante.
- Horas sin agua/sem (promedio).
- Enfermedades reportadas.
- Disposición a pagar (DAP).
- DAP promedio (Pesos colombianos COP).
- Gasto salud anual promedio (Pesos colombianos COP).
- Impactos en Salud Humana (Enfermedades).
- Tipo de Impacto y Frecuencia.



Ilustración 3 Encuesta barrio San Agustín.

Luego de determinada la lista de impactos generales, se realizó una lista de chequeo con 10 representantes de la comunidad. En este espacio, de acuerdo con cada impacto percibido, se brindaba una lista de factores ambientales, y los representantes elegían un factor ambiental para cada impacto. El factor que más frecuencia de selección tuviera se le asignaba al

impacto. Por último, se realizó una construcción conjunta de las acciones y actividades, a través de una lluvia de ideas. Donde se estableció un proceso participativo, mediante el cual se proponían las acciones a desarrollar, se sometía a votación entre los participantes y aquellas que obtenían mayor votación eran seleccionadas para su ejecución, este mismo procedimiento se utilizó para la elección de actividades

FASE II – EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES.

En la segunda fase se elaboró una matriz de evaluación de impactos, a través de una matriz de Leopold adaptada con la metodología de Dellavedona (2010). El desarrollo de esta metodología se realizó por partes de la siguiente manera:

1)Recolección de insumos:

Se recopiló la información de impactos encontrados, actividades, factores ambientales de las entrevistas y reunión con los líderes.

2)Definición de escalas.

Posteriormente, se determinaron las escalas de cada uno de los ítems que tiene la matriz los cuales son: impacto ambiental, factores ambientales, importancia, magnitud, valor total, afectación, total afectación, total agregado y clasificación de la siguiente forma:

Ítem	Significado	Cómo se llena
Factores ambientales.	Representan los componentes del entorno físico, biótico o socioeconómico.	Ejemplo: "Fauna"
Impacto ambiental.	Resultado de la interacción entre una acción del proyecto y el factor ambiental.	Ejemplo: "Reducción de caudales"
Importancia	Relevancia ambiental o social	Siempre va de 1 a 10 donde: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor relevancia equivale a 1 ➤ Mayor relevancia equivale a 10 ➤ Siempre es positiva
Magnitud	Intensidad del cambio ambiental.	Puede ser negativa o positiva, Siempre va de 1 a 10 o de -1 a -10 donde dependiendo si la intensidad es positiva o negativa donde: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor magnitud -1, 1 ➤ Máxima intensidad -10,10
Valor total	Producto entre la magnitud e importancia.	Valor total= (M×I)
Afectación	Cambio o alteración que sufre el componente ambiental.	Se consigna el valor correspondiente al nivel de afectación positiva o negativa, puede ser cualquier número positivo o negativo Ejemplo: -1-2-3...n y 1,2,3...n
Total, afectación	Es la suma de los cambios o alteraciones que sufre el componente ambiental	Ejemplo: 5,10,15,20

Total, agregado	Medida global o resumen del impacto ambiental total que genera el proyecto.	Ejemplo: -1258
Clasificación	Categoría según la valoración obtenida	Calificación negativa Irrelevantes 0-25 Moderados -25 -50 Severos -50 -75 Críticos > -75 Calificación positiva Poco importante 0-25 Importante 25-50 Muy importante > 50

Tabla 1 Definición de ítems matriz de Leopold.

La matriz de la tabla 1 de definición de ítems en la Matriz de Leopold facilita la identificación de los aspectos de la distribución informal que generan los mayores efectos negativos en la calidad del agua, la salud pública y el medio ambiente, además de mostrar posibles impactos acumulativos y distinguir entre efectos positivos o negativos. Igualmente, se presenta como una herramienta técnica para apoyar la toma de decisiones ya que respalda la elaboración de estrategias de mitigación control y monitoreo, enfocadas en disminuir los riesgos sanitarios y ambientales relacionados con el consumo de agua sin tratar y en mejorar la gestión y gobernanza del recurso hídrico en la región.

3) Estructura de la matriz

Para la ejecución de este paso, se asignaron las acciones y actividades en zona superior y los factores e impactos en la zona izquierda. La magnitud e importancia fueron representadas en la misma celda, donde la magnitud se ubicó en la parte superior y la importancia en la parte inferior. de la siguiente forma: Cada factor e impacto se cruzó con acciones y actividades del proyecto, para evaluar los vínculos relevantes y establecer magnitud e importancia de los efectos generados (Blanca & Liberta Bonilla, 2007).

Para la determinación de las afecciones positivas, se empleó una sumatoria simple de las magnitudes positivas registradas en cada cruce de la matriz, de la siguiente forma:

$$Ap = \sum_{i=1}^n Mi$$

Ecuación 1 Afecciones positivas.

Donde Ap es el total de afecciones positivas, Mi corresponde a cada magnitud positiva identificada, y n es el número de magnitudes positivas del factor o impacto evaluado.

Para la determinación de las afecciones negativas, se empleó una sumatoria simple del valor absoluto de magnitudes negativas registradas en cada cruce de la matriz, de la siguiente forma:

$$|An| = \left| - \sum_{i=1}^n Mi \right|$$

Ecuación 2 Afecciones negativas

Estas se ubicaron en la zona oriental de la matriz, en la celda de afectaciones negativas. El procedimiento se realizó en cada factor e impacto. Para la determinación del total de afectaciones por factores e impactos se sumaron las afectaciones positivas y negativas obtenidas en cada fila, correspondientes a cada factor e impacto ambiental. Este valor representa la alteración total que cada componente sufre como resultado de las acciones del proyecto de la siguiente forma:

$$Ta = Ap + |An|$$

Ecuación 3 Total afecciones

Ta = Total de afecciones para cada factor o impacto.

Ap. = Afecciones positivas.

An = Afecciones negativas.

Se realizó el mismo proceso para la calcular el total de afectaciones por las acciones, solo se cambiaron las filas por las magnitudes de las columnas. Para calcular el total agregado, de los factores e impactos se multiplicó en cada celda la magnitud por la importancia del impacto correspondiente; luego, se sumaron los resultados obtenidos en todas las celdas de cada fila (es decir, por cada factor e impacto ambiental) de la siguiente forma:

$$Tag = \sum_{i=1}^n (Mi * Ii)$$

Ecuación 4 Total agregado

Donde:

Tag= Total agregado del impacto

Mi = magnitud del impacto en la celda i

Ii=importancia del impacto en la celda i

n = número de celdas evaluadas

De esta forma, se obtuvo un total por factor e impacto ambiental, el cual representa la suma de todas las afectaciones asociados a dicho componente. Finalmente, los totales se sumaron para obtener el total del agregado del proyecto por factores e impactos. Posteriormente, se repitió el mismo procedimiento para calcular el total agregado de las acciones y actividades, tomando como referencia la tabla mostrada a continuación:

Titulo		Acciones	Acciones	Acciones	Afectaciones positivas.	Afectaciones negativas.	Total, afectaciones	Total, agregado
		Actividad	Actividad	Actividad				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				

Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Factores	Impactos	M I	M I	M I				
Afectaciones positivas.								
Afectaciones negativas.								
Total, afectaciones								
Total, agregado								

Tabla 2 Estructura matriz de Leopold.

El objetivo de la matriz de Leopold consiste en la identificación y valoración de acciones propias en la distribución informal de agua. Además, se busca analizar de manera sistemática la relación de los impactos y los factores ambientales y sanitarios, con el fin de identificar, clasificar y priorizar los impactos generados. La matriz facilita la identificación de las acciones dentro de la distribución informal que generan mayores efectos negativos en la calidad del agua, la salud pública y el medio ambiente, así como la posibilidad de detectar impactos acumulativos y distinguir efectos positivos o neutros. Además, se presenta como una herramienta técnica de apoyo en la toma de decisiones, ya que respalda el desarrollo de medidas de mitigación, control y monitoreo, con el propósito de minimizar los riesgos sanitarios y ambientales relacionados con el consumo de agua sin tratar y de mejorar la gestión y gobernanza del recurso hídrico en la región.

4) Análisis de afectaciones.

De acuerdo a los datos que se obtuvieron de matriz de Leopold Dellavedoba (2010) sobre la distribución informal de agua en San Agustín, se realizó un análisis para verificar el rango que se encontraban los factores e impactos, de acuerdo con la clasificación antes definida, sirviendo como base para la construcción de las fichas de manejo ambiental.

FASE III – PLAN DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Por último, en la fase III, con los impactos identificados y su respectiva evaluación, se elaboraron 4 fichas de manejo ambiental de acuerdo con Bailón et al. (2004). Cada ficha integra la identificación del impacto, la descripción de las medidas de manejo, las responsabilidades y los registros requeridos. Esta información permitió estructurar un plan de mitigación de impactos ambientales, presentado de la siguiente manera:

PLAN DE MITIGACION DE IMPACTOS	
PROGRAMA DE MITIGACION	
Objetivos:	PM#
Lugar de aplicación:	

Responsable.					
Aspecto ambiental.	Impacto.	Medidas Propuestas.	Indicadores.	Medio de verificación.	Plazo (Meses)

Tabla 3 Elaboración de fichas de manejo ambiental

Con este formato de ficha de manejo ambiental observada en la tabla 3 se desarrolló un plan de mitigación de impactos el cual permitió planificar, organizar y controlar las acciones requeridas para reducir impactos ambientales y sanitarios identificados previamente, producto de la distribución informal en San Agustín. La ficha facilita la definición de los objetivos del programa, el sitio de implementación y las personas encargadas, así como la conexión entre cada aspecto ambiental y su impacto, el establecimiento de medidas de mitigación específicas, la fijación de indicadores cuantificables que permitan valorar su efectividad, la determinación del medio de verificación y la fijación de plazos de ejecución. Lo anterior, facilita la toma de decisiones y el seguimiento de los impactos encontrados.

RESULTADOS.

La determinación de los impactos ambientales debido a la distribución informal de agua en el barrio San Agustín, se realizó a través, de un trabajo de campo, en donde se realizó una encuesta a 200 familias, obteniendo la percepción de casi 600 personas. La encuesta se realizó durante un lapso de 45 días. Esta recolección de datos permitió conocer el tiempo que las personas no cuentan con el servicio de acueducto, una cifra elevada que corresponde a 19,2 horas semanales aproximadamente sin suministro. La intermitencia en el suministro se presenta cuando el sistema de acueducto informal falla, obligando a los habitantes a buscar otras fuentes de abastecimiento como la compra de agua o la utilización de pozos, quebradas cercanas o el río San Juan contaminado.

La utilización de agua sin tratar de este sistema informal y de las otras fuentes de abastecimiento, puede traer consigo enfermedades en el tracto digestivo. Según los resultados de la encuesta, la población reportó haber sufrido enfermedades asociadas al consumo de agua no tratada, entre ellas diarrea (80%), parasitosis (16%) y gastroenteritis (3%). Estas afecciones representan un problema de salud pública y contribuyen al aumento de los gastos en salud del barrio. Si bien los hogares no destinan todo su gasto anual en salud únicamente a enfermedades relacionadas con el agua, se identificó que el promedio de inversión anual por familia es de \$52.640, monto que resulta especialmente significativo para una comunidad de estrato bajo. Una proporción de este gasto puede estar relacionada con enfermedades transmitidas como se muestra en la siguiente gráfica:

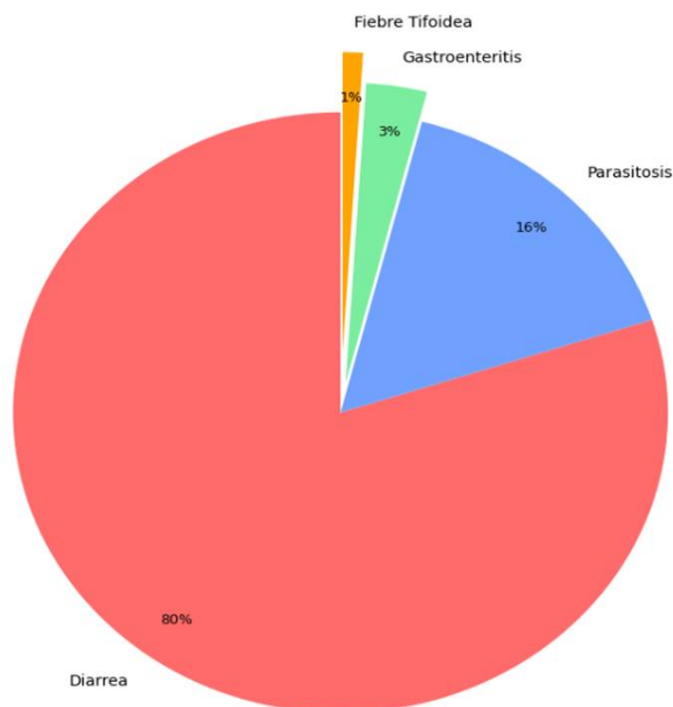


Ilustración 4 Distribución de casos de enfermedades barrio San Agustín de Istmina.

De acuerdo a los análisis observados en la ilustración 4, se observa la alta prevalencia de enfermedades asociadas al consumo de agua sin tratar, la diarrea representa el 80% de los casos reportados, seguida de parasitosis (16%), gastroenteritis (3%) y fiebre tifoidea (1%). Esta situación es el resultado de la ingesta de agua de la distribución informal, que se realiza en dicho barrio, de acuerdo con estos resultados, se puede inferir que no se realiza ningún tipo de tratamiento y desinfección al agua, esto agravado por un almacenamiento y transporte deficiente, y nulo control de las autoridades competentes. Por consiguiente, en el barrio existe un problema de salud pública que requiere atención.

Todo esto se relaciona con los impactos ambientales identificados durante la evaluación del sistema de acueducto informal que abastece al barrio. A partir del análisis realizado y de la percepción de la comunidad recogida en las encuestas, se determinaron como más relevantes nueve impactos, Estos impactos son:

- Reducción de caudales
- Contaminación química
- Erosión de suelos
- Pérdida de biodiversidad acuática
- Inundaciones
- Acumulación de residuos sólidos
- Alteración del paisaje
- Conflictos por acceso al agua
- Sedimentación de fuentes.

Los nueve impactos se destacaron porque fueron los que la mayoría de las personas identificó y marcó con mayor frecuencia, en las encuestas aplicadas a la comunidad, siendo percibidos como los más significativos y relevantes dentro del sistema de acueducto informal. Posterior a la identificación de los impactos preliminares, se realizó una reunión con 10 líderes

comunitarios con el fin de determinar los factores ambientales asociados. Para ello, se utilizó una lista de chequeo que permitió validar y complementar la información inicial. En este mismo espacio se definieron, mediante lluvia de ideas y un proceso de votación, las acciones y actividades relevantes del sistema de acueducto informal. Con estos insumos se procedió a la construcción de la matriz de Leopold que se presenta a continuación.

DISTRIBUCIÓN INFORMAL DE AGUA EN EL BARRIO SAN AGUSTÍN DE ISTMINA, CHOCÓ.		CAPTACION INFORMAL	TRANSPORTE	ALMACENAMIENTO Y CONSUMO			Afectaciones		Total Afecciones	Agregado del Impacto
		Toma directa quebrada	Uso de mangueras plasticas	Conexiones	canecas, tanques improvisados, recipientes	Actividades cotidianas y Consumo.	+	-		
Factores ambientales	Impactos ambientales									
Agua	Contaminación química	1 1	1 2	-1 2	3 1	1 2	4	1	5	6
Salud	Enfermedades	-8 8	-9 7	-7 8	-4 3	-6 -8	0	5	5	-147
Procesos	Erosión de los suelos	-8 9	-5 4	-2 3	-1 1	3 1	1	4	5	-96
Agua	Reducción de caudales	-8 9	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	1	4	5	-74
Procesos	Inundaciones	-9 9	-7 8	-5 4	-2 2	5 1	1	4	5	-156
Fauna	Pérdida biodiversidad acuática	-10 9	-7 6	-4 3	-3 2	1 2	1	4	5	-148
Procesos	Acumulacion de residuos solidos	-5 4	-3 5	-1 2	-5 9	-5 7	0	5	5	-117
Interés estético y humano	Alteracion del paisaje	-7 6	-10 9	-8 7	-3 2	3 2	1	4	5	-188
Agua	Conflictos por uso del agua	-8 9	-8 9	-9 9	-4 3	3 1	1	4	5	-234
Procesos	Sedimentacion de fuentes	-9 10	-3 2	-3 2	-2 6	4 1	1	4	5	-110
Afectaciones	+	1	1	0	1	8	11	39	50	-1264
	-	9	9	10	9	2	39			
Total de afectaciones		10	10	10	10	10	50			
Agregado del impacto		-602	-363	-242	-96	39	-1264			

Tabla 4 Matriz de Leopold - Distribución informal de agua en el área de estudio.

La matriz evidencia la presencia de diversos impactos ambientales negativos asociados al sistema de acueducto informal. Entre ellos, la contaminación química es uno de los impactos menos relevantes, debido a que en la zona de captación no se desarrollan actividades como la minería ni existen fuentes cercanas que aporten contaminantes químicos al cuerpo de agua utilizado. Se identificaron conflictos por el acceso al recurso, ya que todos los habitantes desean beneficiarse del servicio, pero no todos están dispuestos a asumir los costos de ingreso o la mensualidad establecida por la comunidad. También se registran inundaciones localizadas, generadas por rupturas en las tuberías, lo que a su vez ocasiona afectaciones puntuales en el entorno.

Asimismo, se presenta pérdida de biodiversidad acuática asociada a la forma en que se realiza la captación y a la instalación de bocatomas, las cuales alteran el hábitat natural de las especies presentes. En cuanto a la salud, se evidencia una alta presencia de enfermedades de origen hídrico, especialmente diarrea y parasitosis, lo que refleja la vulnerabilidad sanitaria de la población. En conjunto, estos resultados generan un balance predominantemente negativo en las etapas de captación, transporte, almacenamiento y consumo del sistema informal. No obstante, se reconoce un impacto positivo importante relacionado con el acceso al agua en las actividades cotidianas y de consumo, ya que este sistema permite que la población disponga del recurso en momentos en que el municipio presenta escasez o interrupciones del servicio formal.

Por último, se elaboró un plan de prevención y mitigación de impactos ambientales mediante fichas de manejo ambiental, organizadas de acuerdo con cada factor afectado y las acciones de manejo propuestas. Además, se identificaron los actores con los que establecer alianzas (alcaldía municipal, empresa de servicios públicos, líderes comunitarios, juntas de acción comunal (JAC)) para la implementación de las medidas. Estas alianzas permiten fortalecer la ejecución de las acciones propuestas y garantizar una mayor participación y coordinación entre los actores involucrados de la siguiente forma:

**PLAN DE PREVENCIÓN DE IMPACTOS
PROGRAMA DE PREVENCIÓN**

Objetivos:					PM1
<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir la contaminación punto de captación informal. • Evitar la contaminación química del agua. 					
Lugar de aplicación: Quebrada San Agustín.					
Responsables: Junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA).					
Aspecto ambiental.	Impacto.	Medidas Propuestas (enfoque de gobernanza)	Indicadores.	Medio de verificación.	Plazo (Meses)
Agua	Contaminación Química.	Realizar campañas de sensibilización comunitaria sobre el uso adecuado del agua, detergentes, aceites y productos químicos, incorporando normas comunitarias de uso responsable del recurso, a cargo de la Alcaldía Municipal y el comité de acueducto informal.	3 campañas realizadas	Actas, Listas de asistencias y registro fotográfico.	1-6
		Establecer acuerdos comunitarios para evitar el vertimiento de aguas residuales en los puntos de captación informal, liderados por el comité de acueducto y usuarios del sistema acompañados por la empresa Aguas del San Juan S.A.	Numero de acuerdos alcanzados.	Actas, Listas de asistencias y registro fotográfico.	1-6
		Implementar filtros especiales en el área de captación como acción colectiva concertada entre JAC, comité de acueducto informal, líderes comunitarios y Aguas del San Juan S.A.	Reducción de 30% vertimientos	registro fotográfico.	1-3
		Realizar jornadas comunitarias de limpieza y mantenimiento de tanques sedimentadores, fortaleciendo la participación ciudadana y el control social del sistema.	Mejoramiento en la calidad del agua.	Registros fotográficos, Actas.	1-12
	Reducción de caudales	Definir horarios consensuados de captación de agua mediante acuerdos comunitarios para regular el uso del recurso y evitar sobreexplotación	Frecuencia del uso del agua.	Actas, registro fotográfico.	1-5
		Programar limpiezas periódicas y remoción de lodos con participación de usuarios y líderes comunitarios, como ejercicio de corresponsabilidad en la gestión del agua.	4 limpiezas anuales.	Bitácoras, Actas, registro fotográfico	1-6

	Conflictos por uso del agua.	Conformar un comité de seguimiento y resolución de conflictos para la distribución del agua, como instancia de gobernanza local del recurso hídrico.	2 reuniones realizadas y número de acuerdos alcanzados.	Reuniones comunitarias, Actas, registro fotográfico	1-12
		Difundir normas, valores y principios de gobernanza del agua (equidad, acceso, sostenibilidad y corresponsabilidad) entre los usuarios del sistema.	Disminución de conflictos entre los usuarios	Reportes del comité.	1-12
Intereses estéticos y humanos	Alteración del paisaje	Implementar jornadas de arborización con especies nativas para compensar los impactos generados por el uso de tanques y mangueras, para fortalecer el sentido de apropiación del territorio. a cargo de unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema.	20% de arborización alcanzado.	Numero de árboles sembrados.	1-12
Fauna	Pérdida de diversidad acuática.	Evitar captación directa en zonas de diversidad acuática mediante decisiones concertadas entre comunidad, comité de acueducto, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A.	Captación con 2 filtros instalados.	Actas, registro fotográfico	1-10
	Sedimentación de las fuentes	Construir sedimentadores en concreto para retener los sedimentos como acción articulada entre JAC, Alcaldía Municipal, UMATA y comité de acueducto informal.	2 sedimentadores construidos.	Actas, registro fotográfico, bitácoras.	1-7

Tabla 5 Ficha de manejo ambiental #1

PLAN DE MITIGACION DE IMPACTOS

PROGRAMA DE MITIGACION

Objetivos:					PM2
<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir y controlar los impactos de la generación de accidentes por el transporte de agua a través de mangueras • Promover el retiro de las mangueras en desuso. 					
Lugar de aplicación: Barrio San Agustín.					
Responsables: Junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA).					
Aspecto ambiental.	Impacto.	Medidas Propuestas.	Indicadores.	Medio de verificación.	Plazo (Meses)
Agua	Conflictos por uso del agua.	Establecer acuerdos de horarios de abastecimiento para evitar disputas a cargo de comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema.	Reducción de 70% quejas de los usuarios.	Actas, registro fotográfico	1-3
		Realizar reuniones comunitarias para establecer acuerdos de distribución y uso del agua entre los usuarios a cargo de comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema.	Numero de acuerdos alcanzados. / Numero de acuerdos planteados.	Actas, registro fotográfico, informes comunitarios.	1-10
Procesos	Erosión de suelos	Reubicar mangueras para evitar escorrentías o deslizamientos a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal.	2 zonas de ubicación específicas de las mangueras	registro fotográfico	1-6
	Inundaciones	Revisar periódicamente el sistema de mangueras para evitar futuras fisuras o ruptura de las mismas a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal.	4 revisiones y mantenimientos	Actas, registro fotográfico, bitácoras, informes de mantenimientos.	1-7
		Construir drenajes para evitar la acumulación de agua a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA).	3 puntos de acumulación del recurso hídrico.	Actas, registro fotográfico, bitácoras, informes de mantenimientos	1-12

Tabla 6 Ficha de manejo ambiental #2

PLAN DE MITIGACION DE IMPACTOS

PROGRAMA DE MITIGACION

Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Prevenir y controlar la instalación de conexiones poco técnicas en el abastecimiento informal. • Promover el uso de recipientes adecuados para el almacenamiento de agua. 					PM3
Lugar de aplicación: Quebrada y barrio San Agustín.					
Responsables: Junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA).					
Aspecto ambiental.	Impacto.	Medidas Propuestas.	Indicadores.	Medio de verificación.	Plazo (Meses)
Agua	Conflictos por uso del agua.	Formalizar puntos de captación y cerrarlos con válvulas y tapones comunitarios a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA).	Numero de acuerdos firmados. Horarios de acceso de hogares según su turno.	Actas de la reunión, acuerdos, listas de asistencia y material fotográfico.	1-12
		Implementar un proceso de cloración comunitaria y repartir tabletas de cloro a cargo de junta de acción Comunal (JAC), aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal	5 puntos de cloración activa.	Registros y dosis de cloración aplicada.	1-4
Intereses estéticos y humanos	Alteración del paisaje.	Jornadas de recolección y disposición de Recipientes inservibles a cargo de comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema.	5 jornadas realizadas, número de recipientes reconectados.	Actas de la reunión, acuerdos, listas de asistencia y material fotográfico.	1-12
		Señalización de puntos con posible proliferación de vectores a cargo de aguas del San Juan S.A y alcaldía municipal.	50% hogares con disminución de vectores.	material fotográfico, registros clínicos locales.	1-6
Salud	Enfermedades.	Campañas de educación sobre el uso adecuado del agua (hervir, lavado de manos, desinfección) a cargo de aguas del San Juan S.A y alcaldía municipal.	10 campañas educativas participativas.	Actas de la reunión, listas de asistencia y material fotográfico.	1-12

Procesos	Sedimentación de las fuentes	Realizar un proceso de desarenado periódico en las fuentes de material acumulado a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal.	3 limpiezas ejecutadas.	Actas de la limpieza, monitoreo antes y después.	1-12
-----------------	------------------------------	--	-------------------------	--	------

Tabla 7 Ficha de manejo ambiental #3

PLAN DE MITIGACION DE IMPACTOS					
PROGRAMA DE MITIGACION					
Objetivos:					PM4
<ul style="list-style-type: none"> Prevenir y controlar las enfermedades en el barrio. 					
Lugar de aplicación: Quebrada San Agustín.					
Responsables: Junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA), E.S.E hospital Eduardo Santos de Istmina.					
Aspecto ambiental.	Impacto.	Medidas Propuestas.	Indicadores.	Medio de verificación.	Plazo (Meses)
Agua	Contaminación química.	Mapeo de posibles contaminantes químicos a cargo de aguas del San Juan S.A y alcaldía municipal.	Número de puntos de posible contaminación	Mapas consolidados, Informes técnicos.	1-5
		Instalación de filtros básicos (Arena, grava y carbón activado) a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal.	2. puntos con pretratamiento	fichas de instalación de filtros, registro fotográfico, actas de reuniones.	1-10
Salud	Enfermedades.	Entrega de tabletas de cloración y recipientes con tapa y grifo a cargo de aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, comité de acueducto informal y líderes comunitarios.	Número de hogares con recipientes adecuados.	Registros centro de salud E.S.E Hospital Eduardo Santos, registro fotográfico.	1-12
		Coordinación con centro de salud E.S.E Hospital Eduardo Santos para vigilancia epidemiológica por medio de recorridos y toma de muestras.	Numero de enfermedades detectadas cada bimestre.	Registros centro de salud E.S.E Hospital Eduardo Santos, registro fotográfico.	1-10

Fauna	Pérdida biodiversidad acuática.	Monitoreo participativo de peces como bioindicadores de calidad del agua y control natural de vectores a cargo de alcaldía municipal.	Índice de diversidad de especies, proporción de sitios con presencia registrada.	listas de especies registradas por monitoreo	2-12
Procesos	Acumulación de residuos sólidos.	Sistema de recolección comunitaria definida con puntos de acopio determinados con acompañamiento de la empresa Aguas del San Juan S.A.S.	Toneladas de residuos en puntos de acopio.	Registro fotográfico, actas, Peso en toneladas recolectadas	1-10
		Campañas de reciclajes de las mangueras y el material en desuso a cargo de junta de acción Comunal (JAC), comité de acueducto informal, líderes comunitarios, usuarios del sistema, aguas del San Juan S.A, alcaldía municipal, E.S.E hospital Eduardo Santos de Istmina.	Porcentaje de hogares que eliminan recipientes acumulados.	Recibos o constancias de disposición final, fotografías, Actas.	1-12

Tabla 8 Ficha de manejo ambiental #4

Las fichas elaboradas permitieron identificar los aspectos en los que puede mejorar el sistema de distribución informal de agua en el barrio San Agustín, en Istmina, Chocó, y proponen, según el impacto evaluado, una serie de medidas entregadas a la comunidad con tiempos establecidos e indicadores verificables. Si estas acciones se implementan adecuadamente y cuentan con el acompañamiento institucional de entidades como la E.S.E. Hospital Eduardo Santos y la empresa de servicios públicos Aguas de San Juan, se podrá continuar avanzando en pro de la formalización del sistema y la reducción de los impactos ambientales que actualmente genera.

DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en este proyecto, el cual se centró en el estudio de los impactos detectados en el barrio San Agustín, por la distribución informal de agua, a través del desarrollo de la metodología basada en tres fases: la primera fase consistió en una encuesta estructurada, la segunda una matriz de Leopold y la tercera un plan de prevención y mitigación de impactos ambientales mediante fichas de manejo ambiental, la aplicación de estas fases evidenció una interrupción moderada del servicio de 19,2 horas semanales y una problemática de salud pública con porcentajes de diarrea del 80%, parasitosis de 16%, gastroenteritis del 3% y fiebre tifoidea del 1%, lo que equivale al 100% de las enfermedades encontradas en la población abordada de este barrio. Estos hallazgos son similares y consistentes impactos asociados a mecanismos de distribución informal, en África, países de Sudamérica como Chile, México y la India. (Beard & Mitlin, 2021) registraron que el uso extendido de abastecimientos informales, provoca periodos largos de interrupción y distintas enfermedades de salud pública, poniendo en riesgo la salud de la población. En el caso de San Agustín se evidencia una situación similar: la irregularidad del servicio de agua obliga a las familias a guardar agua durante días para garantizar su disponibilidad.

La consecuencia directa entre abastecimientos informales, contaminación y diarrea, ha sido reportada por la organización mundial de la salud (OMS) donde de estiman que 505,000 muertes anuales son causadas por enfermedades diarreicas (World Health Organization, 2023). De igual forma, (Stauber et al. 2016) hallaron que los hogares con abastecimiento informales presentaban mayor riesgo de desarrollar enfermedades como: gastroenteritis y diarrea crónica, lo cual es consistente con este estudio. Estos descubrimientos no solo muestran el riesgo de la exposición y consumo de estos abastecimientos, sino que aporta fundamentos verificables sobre lo que está sucediendo en el barrio San Agustín respecto a la salud pública y las distintas enfermedades encontradas.

Adicionalmente, las acciones preventivas y de control propuestas, buscan mejorar el servicio, por medio de un plan de prevención y mitigación de impactos ambientales mediante fichas de manejo ambiental. Para (Wolf et al. 2018) las acciones preventivas asociadas a factores ambientales e impactos sirven para mejorar los sistemas de distribución informal significativamente, realizando acciones simples como: el uso de filtros, la cloración y el almacenamiento adecuado del agua, aplicado directamente en el hogar logra disminuir enfermedades como la diarrea notablemente en las poblaciones con limitaciones en el servicio. Las medidas propuestas en San Agustín contemplan el uso de filtros, la cloración y almacenamiento adecuado, lo cual va en la línea estratégica que la literatura especializada reconoce como eficaz, en territorios con estas similitudes.

Por otra parte, los impactos ambientales encontrados como lo son: reducción de caudales, contaminación química, erosión de suelos, pérdida de biodiversidad acuática, inundaciones, acumulación de residuos sólidos, alteración del paisaje, conflictos por acceso al agua y sedimentación de fuentes, coinciden con estudios en departamentos como Chocó, Valle del Cauca y Nariño los cuales tienen problemáticas similares. (Caicedo-Rivas et al, 2022) demostró que las cuencas hídricas de esta región, presentan graves afecciones debido a la minería, captaciones informales y presencia de metales pesados, realizando un estudio más exhaustivo en la cuenca del río Atrato, en el cual la contaminación química y las captaciones ilegales representan un riesgo para la estabilidad del mismo y la salud de la población. Siendo esto consecuente con el patrón evidenciado en San Agustín, donde se presenta una captación informal de agua, y a pesar que no se presenta contaminación química, si se evidencia una sedimentación importante, donde (Palacios Torres, 2020), coincide en que las captaciones informales afectan la biota acuática, al generar reducciones significativas en la supervivencia de múltiples especies.

De igual forma, los riesgos asociados a las conexiones informales de tubería presentan una mayor probabilidad de que se presente contaminación microbológica, por la entrada de agentes patógenos y la falta de condiciones óptimas del sistema, lo cual va en concordancia con los estudios realizados por (Erickson et al, 2017), quienes estudiaron ampliamente los sistemas informales de Latinoamérica, dictaminando que las conexiones informales se encuentran más propensas a contaminantes microbológicos y físicos, comprometiendo la salud y el bienestar de los usuarios, situación que también está presente en el estudio realizado.

Por último, es importante destacar la gestión comunitaria ya que esta permite: reducir los problemas en el sistema, fortalecer la toma de decisiones, transparencia en los procesos, etc. (Beard & Mitlin, 2021) y (Erickson et al, 2017) plantean que la gestión comunitaria, permite mejorar el control sobre los recursos locales, esto se alinea con la cohesión comunitaria presente en San Agustín que puede ser potenciada con instituciones como la E.S.E hospital Eduardo Santos de Istmina, alcaldía municipal, unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA), junta de acción Comunal (JAC), Aguas del San Juan S.A, entre otras instituciones como actores claves del sistema.

En síntesis, se evidencia que las dinámicas científicas consultadas, se alinean con los hallazgos encontrados en el barrio San Agustín, permitiendo evaluar mediante estudios previos los impactos que generan la distribución informal de agua, y como influyen estos en los usuarios que utilizan el servicio y en el barrio en general. Por otra parte, el plan de prevención y mitigación de impactos ambientales mediante fichas de manejo ambiental, cuenta con todo el sustento documental, permitiendo conocer que su aplicabilidad de forma técnica y rigurosa mejoraría el sistema, permitiendo que sea más óptimo. de esta manera se puede concluir que los resultados no solo coinciden con la documentación existente, sino que enriquecen la comprensión de una problemática que se presenta en zonas vulnerables.

CONCLUSIONES

El análisis de la distribución informal de agua en el barrio San Agustín de Istmina, Chocó a través del análisis y la evaluación de los impactos, muestra la estrecha interdependencia entre la problemática y la urgencia de agua potable, la salud pública y la necesidad de abastecerse, todo esto potenciado por la inadecuada disposición de residuos sólidos. Este grupo de factores configura un entorno propicio para el desarrollo de enfermedades de tipo gastrointestinal y la degradación progresiva de ecosistemas hídricos, manifestándose impactos como la reducción de caudales ocasionada por captación no regulada, la contaminación química generada por actividades antrópicas, la sedimentación de los suelos y pérdida en consecuencia de fauna acuática, así como la alteración del paisaje. Adicionalmente la acumulación de residuos y las rupturas de tubería genera inundaciones, desmejorando la calidad del agua y generando conflictos por el uso de la misma, profundizando tensiones en el territorio.

Desde una visión técnica la presencia de propuestas que permitan mitigar los impactos ambientales encontrados en esta distribución informal permite obtener una base para prevenir posibles riesgos sanitarios (Victor et al, 2022). En este artículo se pudo evidenciar que se requiere no solo un enfoque técnico sino también comunitario, donde se debe fortalecer la educación, inversión en puntos estratégicos como instalación de filtros, creación de grupos de monitoreo, implementación de materiales que permitan un mejor funcionamiento del sistema. Todo esto debe ir acompañado de un compromiso real de la comunidad para adoptar el plan de manejo, el cual se estructuró mediante fichas de manejo ambiental, las cuales incluyen, las principales fallencias encontradas en el sistema de distribución informal, como lo son: enfermedades de origen hídrico y deterioro de la cuenca, la contaminación de las fuentes y la alteración de los procesos hidrológicos naturales. Este compromiso permitiría a futuro la formalización del sistema.

En perspectiva, el fortalecimiento de este sistema es necesario, debido a que abastece de agua a más de 800 personas, sin embargo es importante implementar dichas medidas, esto acompañado de las instituciones como Aguas del San Juan S.A, y unidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (UMATA), hospital Eduardo Santos, entre otras, que brindan un apoyo técnico en la implementación de estas medidas, ayudando a reducir la incidencia de enfermedades, prevenir inundaciones y reducir los accidentes, obteniendo así un sistema más seguro y eficiente.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos y del análisis comparado con la literatura científica reciente, se plantean las siguientes recomendaciones orientadas a reducir los impactos ambientales, sanitarios y sociales asociados al sistema informal de distribución de agua en el barrio San Agustín. Estas recomendaciones buscan fortalecer la gestión comunitaria, mejorar la calidad del agua, reducir la morbilidad asociada y avanzar hacia un esquema más seguro, sostenible y técnicamente viable.

En primer lugar, se recomienda implementar un programa comunitario permanente de desinfección del agua, basado en el uso de hipoclorito de sodio, tabletas de cloro o filtros

básicos certificados. La evidencia científica señala que las intervenciones de tratamiento en el punto de uso reducen de manera significativa la incidencia de enfermedades diarreicas (Wolf et al., 2018), por lo cual su adopción debe convertirse en una práctica regular. El programa debe acompañarse de capacitaciones periódicas y material educativo adaptado al contexto sociocultural del barrio.

En segundo lugar, es necesario mejorar las prácticas de almacenamiento doméstico, promoviendo el uso de recipientes con tapa, limpieza frecuente y ubicación adecuada para evitar contaminación cruzada. Las observaciones realizadas durante el trabajo de campo mostraron que el almacenamiento prolongado es una de las principales fuentes de riesgo sanitario, debido a la intermitencia del servicio y a la manipulación del agua en el hogar. Se sugiere realizar visitas educativas casa por casa, lideradas por la E.S.E. municipal y el comité comunitario de agua, con el fin de asegurar la correcta adopción de estas recomendaciones.

En tercer lugar, se recomienda fortalecer la infraestructura del sistema informal, particular en lo relacionado con la captación, el sedimentador y las conducciones artesanales, que presentan fallas susceptibles de causar intrusiones de contaminantes. La literatura internacional sobre sistemas informales destaca que las tuberías sin presión constante, con fugas o con uniones improvisadas incrementan el riesgo microbiológico por infiltraciones (Nelson & Erickson, 2017). Por ello, debe priorizarse la reparación de tramos críticos, la sustitución de mangueras deterioradas y la instalación de válvulas de control. Asimismo, se recomienda establecer un registro de enfermedades gastrointestinales a nivel comunitario. Esto permitirá evaluar la efectividad de las intervenciones implementadas y ajustar acciones de forma oportuna. El monitoreo debe ser coordinado por la Alcaldía Municipal, la E.S.E. y líderes comunitarios, siguiendo metodologías sencillas y de bajo costo.

Otra recomendación fundamental es fortalecer la gobernanza comunitaria del agua, mediante la creación o consolidación de un comité de agua formalmente reconocido, con roles definidos, responsables de operación básica, cobro comunitario, mantenimiento y articulación con entidades municipales. Estudios recientes sobre gestión comunitaria del agua en ciudades del Sur Global subrayan que la sostenibilidad depende de la combinación de autogestión local y acompañamiento técnico e institucional (Beard et al., 2021), por lo que se recomienda institucionalizar espacios de coordinación entre comunidad, administración municipal y sector salud. De igual manera, se recomienda gestionar apoyo institucional para avanzar hacia la formalización progresiva del servicio, ya sea mediante integración parcial con el acueducto municipal, construcción de un pequeño acueducto comunitario legalizado o implementación de soluciones híbridas. Esto permitirá reducir la intermitencia extrema que actualmente afecta a la población y disminuirá la necesidad de almacenamiento prolongado, uno de los principales factores de riesgo sanitario identificados.

Finalmente, se recomienda fortalecer los programas educativos en temas de higiene, saneamiento básico, manejo de residuos sólidos y cuidado de la microcuenca, debido a que la literatura demuestra que las mejoras en salud no dependen únicamente de la calidad del agua, sino también de prácticas complementarias de higiene y saneamiento (World Health Organization, 2023). La comunidad debe recibir formación continua para incentivar comportamientos preventivos, especialmente en hogares con niños, quienes representan el grupo más vulnerable frente a enfermedades de origen hídrico. En conjunto, estas recomendaciones constituyen un marco integral de acción que, si se implementa de manera coordinada y sostenida, permitirá reducir los impactos identificados, mejorar la salud de la población y avanzar hacia un sistema de abastecimiento de agua seguro, confiable y ambientalmente responsable para el barrio San Agustín.

REFERENCIAS

- 1 Acevedo, F., Arce, C., & Agudelo, L. (1980). Estudio del Departamento del Chocó.
- 2 Agudelo, C. (2023). Gestión comunitaria del agua en Colombia: Retos y perspectivas de los acueductos rurales. Universidad de Antioquia. <https://revistas.udea.edu.co/>
- 3 ALCALDÍA DE ISTMINA. (2020). República de Colombia – Departamento del Chocó, Alcaldía Municipal de Istmina.
- 4 Alvarez, L., Vargas, L., & Jimenez, A. (2024). Priorities for the rural water and sanitation services regulation in Latin America. *Frontiers in Water*, 6. <https://doi.org/10.3389/frwa.2024.1406301>
- 5 Arq María Gabriela Dellavedova. (2010). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental contenido.
- 6 Arteaga N., L. E., & Burbano N., J. E. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79–91. <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.93>
- 7 Asprilla Gamboa, A. A. (2025). Solución de abastecimiento de agua potable en zonas rurales dispersas a partir de la cosecha de aguas lluvias en Chocó: caso Quibdó–Istmina (Tesis de maestría). Universidad de los Andes. <https://hdl.handle.net/1992/75602>
- 8 Bailón, I. J., Alcalde, A., & Loja, D. C. (s. f.). Ficha ambiental y plan de manejo ambiental del proyecto.
- 9 Beard, V. A., Nickson, A., Mahendra, A., & Mboga, H. (2021). Water access in global South cities: The challenges of intermittency and affordability. *World Development*, 147, 105628.
- 10 Benavides, O. A. (1998). Aspectos técnicos del índice de agua no contabilizada en Colombia.
- 11 Caicedo-Rivas, G., Benítez-Villalba, C., Ceballos-Velasquez, V., & Olivero-Verbel, J. (2022). Health risk assessment for human exposure to heavy metals via food consumption in the Atrato River. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 435.
- 12 Cardona, A., Mejía, J., & Restrepo, D. (2022). Seasonal and spatial variations in Giardia and Cryptosporidium in rural drinking water systems in Antioquia, Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/363425616>
- 13 Chamieh, C. E., Haddad, C. E., Khatib, K. E., Jalkh, E., Karaki, V. A., Zeineddine, J., et al. (2024). River water pollution in Lebanon. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 30(2), 136–144. <https://doi.org/10.26719/emhj.24.029>
- 14 Choueiri, Y., Lund, J., London, J., & Spang, E. S. (2022). Energy-water nexus of formal and informal water systems in Beirut, Lebanon. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 2(3). <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ac7252>
- 15 Codechocó. (2022). Codechocó monitorea la calidad del agua de las fuentes hídricas del municipio de Istmina. <https://codechoco.gov.co/publicaciones/3451/>
- 16 Combariza, J., & Chacón, D. (2021). Análisis de los factores que afectan la calidad del agua en zonas rurales. <https://repositorio.udes.edu.co>
- 17 Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA. (2024). Estudio de sostenibilidad ambiental del recurso hídrico. <https://www.cra.gov.co/>
- 18 Corte Constitucional. (2010). Sentencia T-616 de 2010.
- 19 Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE.
- 20 Daher, B., Hamie, S., Pappas, K., & Roth, J. (2022). Examining Lebanon’s resilience through a water–energy–food nexus lens. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.748343>
- 21 Decreto 1076 de 2015. *Diario Oficial* 49.523.
- 22 Decreto 1575 de 2007. *Diario Oficial* 46.653.

- 23 Defensoría del Pueblo. (2023). No hay agua apta para consumo humano en 801 municipios. <https://www.defensoria.gov.co>
- 24 Del Valle Melendo, J. (s. f.). El agua, un recurso cada vez más estratégico.
- 25 Fusaro, C., Schiller, A., & Torres, M. (2022). Intestinal parasitic infections in vulnerable populations in Colombia. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9608748/>
- 26 Fragkou, M. C., Monsalve-Tapia, T., Pereira-Roa, V., & Bolados-Arratia, M. (2022). Abastecimiento de agua potable por camiones aljibe durante la megasequía en Chile. *Eure*, 48(145). <https://doi.org/10.7764/eure.48.145.04>
- 27 Gaspar-Santos, M. E., Suárez-Véliz, M. F., & Merino-Velásquez, J. (2024). Desarrollo sostenible y el derecho al agua. *Iustitia Socialis*, 9(17), 35–49.
- 28 Getahun, M., Befekadu, A., & Alemayehu, E. (2024). Coagulation process ... *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27584>
- 29 Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2021). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- 30 Hernandez, B., Manuel-Navarrete, D., Lerner, A. M., & Siqueiros, J. M. (2023). Making informal water distribution work. *International Journal of the Commons*, 17(1), 54–68.
- 31 IDEAM. (2023). Boletín nacional de calidad del agua. <https://ideam.gov.co/>
- 32 IDEAM. (2023). Informe técnico nacional sobre calidad de fuentes hídricas superficiales.
- 33 Infobae. (2023). Chocó tiene bajos índices de calidad y continuidad de servicios públicos. <https://www.infobae.com>
- 34 Isabela Porras. (2021). Los vecinos de un barrio de Istmina se cansaron de vivir sin agua potable.
- 35 Leopold, L., Clarke, F., Hanshaw, B., & Balsley, J. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. U.S. Geological Survey Circular.
- 36 Ministerio de Igualdad y Equidad. (2025). Programa Agua es Vida: Informe de avances 2025.
- 37 Ministerio de Salud y Protección Social. (2007). Resolución 2115 de 2007.
- 38 Ministerio de Vivienda. (2023). Informe Nacional de Calidad del Agua para Consumo Humano – INCA 2023.
- 39 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). Resolución 154 de 2014.
- 40 Muñoz-Rodríguez, J., & Estupiñán, L. (2025). Acueductos rurales comunitarios: factores administrativos y de gestión. <https://www.researchgate.net/>
- 41 Muñoz-Rodríguez, M., & Estupiñán, J. (2025). Gestión comunitaria del agua y brechas estructurales. *Revista Colombiana de Gestión del Agua*, 12(1), 45–63.
- 42 Nelson, K. L., & Erickson, J. (2017). Intermittent supply in Latin America. Inter-American Development Bank.
- 43 OMS. (2023). Drinking-water: Key facts. World Health Organization.
- 44 ONU. (2010). Resolución 64/292. Derecho humano al agua y el saneamiento.
- 45 Pablo, J., Restrepo, U., Darío González Ortiz, I., Mauricio, H., Cruz, C., & Estrada, A. E. (2023). Ministerio de Salud y Protección Social.
- 46 Palacios-Torres, Y., Vélez-Torres, I., & Rodríguez, C. (2020). Trace elements in sediments and fish from Atrato River. *Environmental Pollution*, 258, 113680.
- 47 Rodrigues, P. M., Gonçalves, J., & Marques, R. C. (2024). Public policies on human rights to water in informal settlements. *Water Policy*, 26(7), 718–740.
- 48 Ruiz, C., L. E., et al. (2006). Interacciones entre calidad de vida y saneamiento. SCIELO Venezuela.
- 49 Santos, A., Pereira, L., & Gómez, D. (2024). Occurrence of parasitic elements in surface water. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-33088-1>
- 50 Stauber, C. E., Walters, A., & Fabiszewski de Aceituno, A. (2016). Associations between gastrointestinal illness and water supply. *PLOS ONE*, 11(1), e0145806.

- 51 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2024). Informe sectorial de acueducto y alcantarillado 2024.
- 52 Tamayo, M. (2020). El proceso de la investigación científica (7.^a ed.). Limusa.
- 53 Victor, C., Ocasio, D. V., Cumbe, Z. A., Gam, J. V., et al. (2022). Spatial heterogeneity of water access in informal settlements. *PLOS Water*, 1(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pwat.0000022>
- 54 Wolf, J., Hunter, P. R., Freeman, M. C., Cumming, O., et al. (2018). Impact of WASH on childhood diarrhoeal disease. *International Journal of Epidemiology*, 47(5), 1420–1440.
- 55 World Health Organization. (2023). Burden of disease attributable to unsafe drinking-water, sanitation and hygiene. WHO.
- 56 Zúñiga-Terán, A. A., Mussetta, P. C., Lutz Ley, A. N., Díaz-Caravantes, R. E., & Gerlak, A. K. (2021). Analyzing water policy impacts on vulnerability. *Environmental Development*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100552>