

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE
HÍDRICA LA ESPERANZA QUE SURTE LOS SECTORES CENTRO LAS
AMÉRICAS Y NORTE DEL CENTRO POBLADO GUAMALITO
CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO EL CARMEN NORTE DE SANTANDER

MARLON ESTEBAN CARRASCAL ZAMBRANO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR-SECCIONAL AGUACHICA
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
AGUACHICA CESAR
2025

EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE
HÍDRICA LA ESPERANZA QUE SURTE LOS SECTORES CENTRO LAS
AMÉRICAS Y NORTE DEL CENTRO POBLADO GUAMALITO
CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO EL CARMEN NORTE DE SANTANDER

PRÁCTICA ACADÉMICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL Y SANITARIA

MARLON ESTEBAN CARRASCAL ZAMBRANO

DIRECTOR
PABLO ALBERTO HERRERA

CO DIRECTOR
ELIZABETH OVALLOS PINZÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
SALUD PUBLICA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR–SECCIONAL AGUACHICA
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
AGUACHICA CESAR
2025

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado de Marlon Esteban Carrascal Zambrano, titulado “EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE HÍDRICA LA ESPERANZA QUE SURTE LOS SECTORES CENTRO LAS AMÉRICAS Y NORTE DEL CENTRO POBLADO GUAMALITO CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO EL CARMEN NORTE DE SANTANDER”, ha sido aprobado por los jurados, quien no se hace responsable de su contenido, pero lo ha encontrado correcto en su calidad y en su forma de presentación por lo que en fe de lo cual firman.

**LUIS HERNANDO MONTOYA
ARMENTA
EVALUADOR 1**

**NAYIBE TATIANA SANCHEZ
ALVAREZ
EVALUADOR 2**

**PABLO ALBERTO HERRERA
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**

**ELIZABETH OVALLOS PINZON
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE
GRADO**

DEDICATORIA

Primeramente, quiero dedicar este trabajo a Dios, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada paso de este camino. A Él le debo cada logro, cada aprendizaje y cada oportunidad que ha llegado a mi vida. Su amor infinito me ha dado la fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles y la humildad para valorar cada pequeño avance. Sin su bendición y su presencia constante, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, quienes, con su amor incondicional, sacrificio y esfuerzo han sido mi mayor inspiración. Gracias por brindarme su apoyo en cada momento, por ser mi ejemplo de perseverancia y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí. Sus enseñanzas, su confianza en mí y su cariño han sido el motor que me ha llevado a alcanzar cada meta. Este logro también es suyo.

A mis abuelos, por ser un pilar fundamental en mi vida, por su amor inmenso y por transmitirme valores que llevaré conmigo siempre. Gracias por cada consejo, por su sabiduría y por su inagotable apoyo. Su ejemplo de dedicación y esfuerzo ha sido una guía para mí, y este trabajo es un homenaje a todo lo que han hecho por mí.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento. Su amor, apoyo y enseñanzas han sido la base sobre la cual he construido este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, quien con su infinito amor y sabiduría ha guiado cada paso de mi camino, dándome la fuerza y la claridad necesarias para alcanzar mis metas.

A mis padres y abuelos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi mayor inspiración. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la dedicación.

A mis profesores de la universidad, por compartir sus conocimientos con compromiso y pasión, contribuyendo significativamente a mi formación académica y profesional.

A Julieth López Colmenares, gerente de EMCAGUA, por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas en la empresa y confiar en mis capacidades. Su respaldo fue fundamental en mi desarrollo profesional.

A la ingeniera Elizabeth Ovallos pinzón, mi co directora de prácticas, por su guía, paciencia y acompañamiento durante todo el proceso. Su apoyo ha sido clave en la culminación de este trabajo.

A Mi director de Practicas el ingeniero Pablo Alberto Herrera, por su valiosa ayuda y orientación en la realización de este trabajo. Su experiencia y consejos fueron fundamentales para superar cada desafío.

A los miembros de la empresa EMCAGUA, por su calidez, amabilidad y disposición para compartir sus conocimientos. Gracias por recibirme con los brazos abiertos y hacer de esta experiencia un aprendizaje enriquecedor.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por su apoyo incondicional y por contribuir a mi crecimiento personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE ANEXOS	IX
GLOSARIO	X
RESUMEN.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA.....	15
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4. JUSTIFICACIÓN.....	18
5. OBJETIVOS.....	20
5.1. Objetivo general.....	20
5.2. Objetivos específicos.....	20
6. MARCO TEÓRICO	21
7. MARCO LEGAL	26
8. ESTADO DEL ARTE	28
9. METODOLOGÍA	30
10. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	40
11. CONCLUSIONES	60
12. RECOMENDACIONES.....	62
13. OTRAS ACTIVIDADES ASOCIADAS A LA PRÁCTICA	64
14. BIBLIOGRAFIA	66
15. ANEXOS	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa ubicación centro poblado de Guamalito, municipio de El Carmen, Norte de Santander, Zona de estudio.....	30
Figura 2. Uso del suelo zona de estudio.....	41
Figura 3. Distribución de las actividades económicas en el área de estudio.....	42
Figura 4. Mala disposición huesos de ganado.....	64
Figura 5. Productos químicos distribuidos en el centro poblado de Guamalito.....	65
Figura 6. Zona contaminada por la mala disposición de los residuos de los habitantes.....	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Posibles riesgos a la fuente de abastecimiento.....	35
Tabla 2. Puntajes de posibilidad y gravedad de los peligros	37
Tabla 3. Matriz para la evaluación del riesgo	38
Tabla 4. Clasificación del riesgo.....	39
Tabla 5. Actividad económica de las fincas aledañas a la captación.....	42
Tabla 6. Sustancias utilizadas en la agricultura por los propietarios de los predios aledaños a la captación.....	43
Tabla 7. Actividades que afectan la fuente abastecedora.....	44
Tabla 8. Parámetros físicoquímicos y microbiológicos analizados y su aporte al cálculo del IRCA en el agua cruda de la quebrada La Esperanza	46
Tabla 9. Matriz evaluación del riesgo según el plan de seguridad del agua (OMS)	48
Tabla 10. Clasificación del riesgo de los predios.....	51
Tabla 11. Análisis de los resultados.....	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz evaluación del riesgo según el plan de seguridad del agua (OMS).....	69
Anexo 2. Reporte Empresa comunitaria de el Carmen y Guamalito.....	79
Anexo 3. Encuestas realizadas a los habitantes de las fincas aledañas a la captación.....	80
Anexo 4. Reporte de resultados de laboratorio análisis fisicoquímicos y microbiológico.....	81
Anexo 5. Información recolectada a través de las encuestas a los propietarios de los predios aledaños a la captación.....	82
Anexo 6. Registro fotográfico.....	84

GLOSARIO

Agua Cruda: Agua en su estado natural sin tratamiento, proveniente de fuentes superficiales o subterráneas (OMS, 2017).

Aguas Residuales: Líquidos generados por actividades domésticas, industriales o agrícolas que contienen contaminantes fisicoquímicos y biológicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2015).

Calidad del Agua: Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para el consumo humano y otros usos (ICONTEC, 2019).

Ciclo Hidrológico: Movimiento continuo del agua en la Tierra a través de procesos como evaporación, condensación, precipitación y escorrentía (UNESCO, 2019).

Coliformes Fecales: Bacterias presentes en el intestino de los seres humanos y animales, utilizadas como indicadores de contaminación biológica en el agua (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007).

Contaminación del Agua: Introducción de sustancias o microorganismos que alteran la calidad del agua, afectando su seguridad y uso (Restrepo-Tarquino & Ruiz-Suárez, 2020).

Parámetros Fisicoquímicos del Agua: Características medibles del agua como pH, turbidez, conductividad, dureza y concentración de metales pesados (Restrepo-Tarquino & Ruiz-Suárez, 2020).

Potabilización del Agua: Proceso mediante el cual se eliminan contaminantes del agua cruda para hacerla apta para el consumo humano (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007).

Sistemas de Tratamiento de Agua: Métodos fisicoquímicos y biológicos empleados para mejorar la calidad del agua y eliminar contaminantes peligrosos (ICONTEC, 2019).

RESUMEN

El presente informe final de practica académica empresarial contiene la evaluación del riesgo de la calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza, que abastece los sectores Centro, Las Américas y Norte del centro poblado Guamalito, en el municipio El Carmen, Norte de Santander. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda mediante metodologías estandarizadas, cumpliendo con normativas como la Resolución 2115 de 2007, la Resolución 4716 de 2010, la Norma Técnica Colombiana NTC 3903 y la Resolución 0631 de 2015. La metodología incluyó la identificación de actividades económicas cercanas a la fuente hídrica, la recolección y análisis de muestras de agua en el laboratorio del Siamia y la comparación de los resultados con los estándares de calidad establecidos por el IRCA. Se encontró que las actividades agropecuarias predominantes en la zona (ganadería 28,57 %, agricultura 14,2 % y mixto de ganadería y agricultura 57,14%) contribuyen a la contaminación del agua, principalmente por el uso de agroquímicos como Glifosato, Monitor y Lannate, clasificados como peligrosos para la salud y el medio ambiente. Los análisis fisicoquímicos indicaron que la calidad del agua es aceptable en términos de alcalinidad, dureza y contenido de sulfatos, pero con niveles elevados de turbidez (6,70 NTU), lo que podría afectar los procesos de potabilización. En el análisis microbiológico se detectaron niveles elevados de coliformes totales (2500 UFC/100 ml) y *E. coli* (40 UFC/100 ml), indicando contaminación fecal significativa y la necesidad de reforzar los procesos de saneamiento y desinfección. Como resultado del estudio, se recomienda implementar estrategias para mitigar la contaminación, como mejoras en el tratamiento del agua, monitoreo continuo de la calidad del recurso y prácticas sostenibles en las fincas aledañas. Se concluye que el agua cruda de la fuente hídrica La Esperanza presenta riesgos microbiológicos que requieren atención inmediata para garantizar su seguridad para el consumo humano.

Palabras clave: calidad del agua, contaminación hídrica, potabilización, agroquímicos, análisis microbiológico.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis de la calidad del agua cruda proveniente de una fuente hídrica que abastece un acueducto municipal es esencial para garantizar la seguridad del agua que se proporciona a la población. El agua cruda, en su estado natural y sin tratamiento, puede contener diversos contaminantes que representan un riesgo para la salud pública y el funcionamiento adecuado del sistema de acueducto (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).

La Medición fisicoquímica y microbiológica de esta agua es fundamental para identificar parámetros críticos como turbiedad, color aparente, conductividad eléctrica, alcalinidad, dureza cálcica, cloruros, hierro, sulfatos, nitritos, fosfatos, carbamatos, carbono orgánico total, pesticidas organofosforados y la presencia de sólidos disueltos y suspendidos (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007). Además, es crucial medir la concentración de compuestos microbiológicos como *Giardia spp.*, *Cryptosporidium spp.*, *Escherichia coli* y coliformes totales, ya que su presencia puede comprometer la calidad del agua (Restrepo-Tarquino & Ruiz-Suárez, 2020).

Estos análisis permiten detectar posibles fuentes de contaminación, ya sean de origen natural o derivadas de actividades humanas, como la agricultura y la ganadería, que podrían afectar la calidad del agua (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], s.f.). La presencia de microorganismos patógenos, en particular aquellos que indican contaminación fecal como *Escherichia coli*, bacterias coliformes totales y coliformes fecales, representa un riesgo significativo para la salud pública, ya que pueden causar enfermedades como gastroenteritis, fiebre tifoidea y hepatitis A (UNESCO, 2019).

Realizar estos análisis de manera regular es crucial para monitorear continuamente la calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza, que abastece al centro poblado de Guamalito, en el municipio de El Carmen. De este modo, se pueden tomar medidas de tratamiento adecuadas para asegurar que los habitantes tengan acceso a agua potable segura (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2015). Además, contar con un conocimiento detallado de las características del agua cruda permite a las autoridades locales

desarrollar un mapa de riesgo basado en los datos obtenidos en el proyecto, beneficiando a la comunidad (ICONTEC, s.f.).

Dentro de este documento se presentan los resultados obtenidos en la investigación, permitiendo un análisis detallado del estado de la fuente hídrica La Esperanza y proporcionando recomendaciones para mejorar su gestión y protección.

2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

EMCAGUA (Empresas de Servicios Públicos del Carmen S.A. E.S.P.) es la empresa encargada de prestar servicios de acueducto y alcantarillado Ubicación: Calle 8 #2-13 barrio el Centro en el municipio de El Carmen, ubicado en el departamento de Norte de Santander. Su objetivo principal es garantizar el suministro de agua potable y la adecuada disposición de aguas residuales para los habitantes del municipio, incluyendo el centro poblado de Guamalito.

El organigrama de EMCAGUA se encuentra conformado por la Asamblea General de Accionistas, seguida por la Junta Directiva, la Gerencia, el Contador, el Área Administrativa (que engloba la Secretaría) y el Área Operativa, donde trabajan los fontaneros, el equipo de Operaciones de Planta, el auxiliar de aseo y el conductor.

Como ingeniero ambiental y sanitario en EMCAGUA se pueden realizar tareas como el monitoreo y control de la calidad del agua, la gestión de residuos, la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, y el desarrollo de planes de sostenibilidad y protección ambiental para asegurar que las operaciones cumplan con las normativas ambientales vigentes.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es un recurso vital para la vida y la salud humana, por lo que su calidad es fundamental para garantizar el bienestar de la población (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017). En el centro poblado de Guamalito, ubicado en el municipio de El Carmen, Norte de Santander, la fuente hídrica La Esperanza constituye la principal fuente de abastecimiento para el acueducto local. Sin embargo, diversas actividades humanas como la agricultura, la ganadería y el asentamiento de viviendas en las inmediaciones de esta fuente han generado preocupación sobre su posible impacto en la calidad del agua (Restrepo-Tarquino & Ruiz-Suárez, 2020).

La contaminación del agua puede originarse por escorrentía superficial, filtración de sustancias químicas o descargas de residuos orgánicos e industriales. En este contexto, los contaminantes físicos (como turbidez y sólidos suspendidos), químicos (como metales pesados, pesticidas y compuestos orgánicos) y microbiológicos (como bacterias coliformes y protozoos) representan un riesgo significativo para la salud pública (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007; UNESCO, 2019). La presencia de estos contaminantes en el agua cruda puede derivar en enfermedades gastrointestinales, intoxicaciones y afectaciones crónicas en la población expuesta.

Actualmente, no existe un análisis integral y actualizado de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda de la fuente hídrica La Esperanza, lo que limita la capacidad de las autoridades locales y los operadores del acueducto para diseñar e implementar estrategias de tratamiento efectivas y sostenibles (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2019). Esta falta de información impide una gestión adecuada del recurso hídrico, comprometiendo su sostenibilidad y la seguridad hídrica de la comunidad.

Por lo tanto, resulta imperativo realizar un estudio detallado de la calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza antes de su ingreso a la planta de tratamiento. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos permitirá identificar los principales riesgos

de contaminación y proporcionar información relevante para la formulación de estrategias de mitigación. Además, este análisis contribuirá a la generación de conocimiento sobre la calidad del agua en zonas rurales y al diseño de políticas de protección ambiental acordes con la normativa vigente (OMS, 2017; ICONTEC, 2019).

El desarrollo de este estudio permitirá proporcionar datos científicos actualizados sobre la calidad del agua en la región y contribuirá a la toma de decisiones para mejorar la gestión del recurso hídrico, asegurando un abastecimiento seguro y sostenible para la población.

Con base en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo afectan los factores fisicoquímicos y microbiológicos de la fuente hídrica La Esperanza a la calidad del agua y a la seguridad del suministro de agua potable para el centro poblado de Guamalito, Norte de Santander? Para responder a esta pregunta, se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula: No existen diferencias significativas en la calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza en términos de sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a los estándares de calidad establecidos por la normativa vigente.

Hipótesis alternativa: La calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza presenta alteraciones en sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que pueden comprometer la seguridad del suministro de agua potable para el centro poblado de Guamalito.

4. JUSTIFICACIÓN

En el centro poblado de Guamalito, municipio de El Carmen, la fuente hídrica La Esperanza abastece el acueducto local. No obstante, la actividad agrícola, ganadera y el impacto del cambio climático pueden comprometer la calidad del agua y representar un riesgo para la población (Restrepo-Tarquino & Ruiz-Suárez, 2020). En este contexto, la empresa Emcagua, encargada del suministro y tratamiento del agua en la región, desempeña un papel fundamental en la supervisión y control de la calidad del recurso hídrico.

Para abordar esta problemática, es imprescindible realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua cruda de la fuente hídrica La Esperanza. Este estudio, realizado en colaboración con Emcagua, permitirá identificar contaminantes y verificar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la OMS y la Resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007). Asimismo, los datos recopilados servirán para la elaboración de un mapa de riesgo, facilitando la identificación de fuentes de contaminación y la implementación de medidas correctivas y preventivas que optimicen la operatividad de la empresa en la gestión del recurso hídrico.

Esta práctica académica es relevante porque generará información científica actualizada sobre la calidad del agua en Guamalito, permitiendo a las autoridades y a Emcagua tomar decisiones fundamentadas para la gestión y tratamiento del recurso hídrico. Además, podría contribuir a mejorar los sistemas de potabilización y protección de la fuente, reduciendo la incidencia de enfermedades de origen hídrico y fortaleciendo la calidad de vida de la comunidad (UNESCO, 2019).

Asimismo, la investigación aportará conocimientos sobre la calidad del agua de la quebrada La Esperanza en el centro poblado de Guamalito, donde la información es limitada. Los resultados podrán ser utilizados en futuras investigaciones y estrategias de desarrollo sostenible orientadas a garantizar un acceso seguro al agua potable.

En conclusión, este estudio y la creación de un mapa de riesgo son esenciales para la protección de la salud pública y la gestión adecuada de la fuente hídrica La Esperanza. Para Emcagua, esta información es clave en la toma de decisiones para mejorar sus procesos de tratamiento y distribución del agua. La falta de análisis detallados perpetuaría la incertidumbre sobre la calidad del agua, exponiendo a la comunidad a riesgos innecesarios. Por ello, esta investigación es una necesidad urgente para asegurar un entorno saludable y sostenible para la población.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo de la calidad del agua de la fuente hídrica la esperanza que surte los sectores Centro las Américas y Norte del centro poblado Guamalito corregimiento del municipio el Carmen Norte de Santander

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las actividades que se realizan cerca a la quebrada la esperanza que pueden representar un riesgo para la salud humana.
- Clasificar el nivel de riesgo para la calidad del agua y su impacto en la salud pública de acuerdo al índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), obtenido a partir de los resultados de los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos.
- Proponer medidas correctivas para mitigar los efectos negativos causados por los contaminantes presentes en la fuente hídrica.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 CALIDAD DEL AGUA

6.1.1 Concepto de calidad del agua

La calidad del agua hace referencia a las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua que determinan su aptitud para un uso específico, como el consumo humano, riego agrícola o actividades recreativas (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017). Esta calidad se evalúa mediante parámetros fisicoquímicos como la, turbidez, conductividad, así como indicadores microbiológicos como coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*, los cuales permiten establecer el nivel de contaminación del recurso.

6.1.2 Normativas de calidad del agua potable

En Colombia, la calidad del agua para consumo humano está regulada por la Resolución 2115 de 2007, la cual establece los criterios y valores máximos permitidos de diversos parámetros para asegurar la salubridad del agua distribuida a la población (Ministerio de la Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). A nivel internacional, la OMS ha establecido guías actualizadas sobre los niveles seguros de contaminantes microbiológicos y químicos, con el objetivo de proteger la salud pública (OMS, 2017).

6.1.3 Factores que afectan la calidad del agua en zonas rurales

Las fuentes hídricas rurales están expuestas a diversas fuentes de contaminación, entre ellas el vertimiento de aguas residuales, el uso indiscriminado de agroquímicos, la deforestación y la ganadería extensiva, lo que deteriora su calidad y afecta la salud de las comunidades (Rodríguez & Pérez, 2018). A esto se suma la escasa infraestructura para el tratamiento de agua y la limitada vigilancia sanitaria en zonas apartadas.

6.2 Riesgo en la Calidad del Agua

6.2.1 Evaluación del riesgo sanitario asociado al agua

El riesgo en la calidad del agua se refiere a la probabilidad de que la exposición a contaminantes, especialmente de origen biológico, cause efectos adversos en la salud. Según la OMS (2017), la evaluación del riesgo microbiológico (EQRM) permite identificar y cuantificar los peligros asociados al consumo de agua contaminada, siendo una herramienta esencial para la gestión del recurso.

6.2.2. Metodologías para la evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo puede ser cualitativa, semi-cuantitativa o cuantitativa, dependiendo del nivel de información disponible. Las metodologías más utilizadas incluyen matrices de riesgo y modelos de análisis propuestos por la OMS, como el enfoque basado en peligros y puntos críticos de control (HACCP) adaptado al agua potable (OMS, 2017). En Colombia, estas herramientas son cada vez más adoptadas en sistemas de abastecimiento comunitario (Restrepo & Ramírez, 2015).

6.2.3 Impacto del riesgo en la salud pública

Las enfermedades de transmisión hídrica, como diarreas, hepatitis A, cólera y parasitosis intestinales, son consecuencia directa del consumo de agua contaminada. Estas enfermedades afectan especialmente a poblaciones vulnerables, como niños y adultos mayores, y representan un reto importante para la salud pública en zonas rurales (Rodríguez & Pérez, 2018).

6.3. CARACTERIZACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS RURALES

6.3.1. Tipos de fuentes hídricas

En el contexto rural, las fuentes hídricas suelen ser superficiales, como quebradas, ríos y nacimientos. Estas fuentes son más susceptibles a la contaminación por escorrentía, presencia de animales y actividades humanas en sus cercanías (IDEAM, 2020).

6.3.2. Características de la fuente hídrica La Esperanza

La fuente hídrica La Esperanza se clasifica como una microcuenca de tipo superficial, ubicada en una zona de transición entre bosque húmedo y actividades agropecuarias. Su caudal depende en gran medida de la precipitación local, lo que la hace vulnerable a la variabilidad climática y a la presión antropogénica.

6.3.3. Vulnerabilidad de fuentes rurales a la contaminación

La falta de cobertura vegetal, el uso de agroquímicos sin regulación, y la ausencia de barreras de protección natural o artificial, aumentan la vulnerabilidad de estas fuentes. Además, en muchos casos no existen perímetros de protección hídrica establecidos legalmente (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

6.4. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES

6.4.1. Infraestructura de captación, conducción y distribución

Los sistemas rurales suelen contar con estructuras básicas para la captación del agua, seguida de conducción por gravedad hacia tanques de almacenamiento o distribución. Sin embargo, en muchos casos no existen plantas de tratamiento adecuadas, lo que permite la llegada de agua contaminada directamente a los hogares (Restrepo & Ramírez, 2015).

6.4.2. Problemáticas en la prestación del servicio

Las fallas en el mantenimiento, la falta de cloración continua y el desconocimiento técnico son algunas de las principales deficiencias en estos sistemas. Además, la intermitencia del servicio y la ausencia de vigilancia oficial comprometen la seguridad del agua (Rodríguez & Pérez, 2018).

6.4.3. Participación comunitaria y gestión del recurso

La gestión comunitaria es esencial para garantizar el sostenimiento del sistema de agua rural. Esta gestión implica la capacitación de las Juntas Administradoras del Servicio de Agua (JAC) y la apropiación del recurso por parte de la comunidad, promoviendo el cuidado y monitoreo de la fuente hídrica (Universidad Nacional de Colombia, 2019).

6.4.4. Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA)

El IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano) es una herramienta usada en Colombia para saber si el agua es segura o no para el consumo humano. Este índice ayuda a identificar qué tan contaminada puede estar el agua y qué tanto podría afectar la salud de las personas.

El IRCA se calcula evaluando varios aspectos del agua, como la turbidez, el color, la presencia de bacterias como *E. coli*, entre otros. A cada uno de estos se le asigna un puntaje si supera los valores permitidos. Al sumar esos puntajes, se obtiene un valor final en forma de porcentaje que indica el nivel de riesgo. Este valor se clasifica así: de 0 a 5 %, el agua no representa riesgo; 5 a 14%, riesgo bajo; 14 a 35%, riesgo medio; 35 a 80% riesgo alto; 80 a 100%, el agua no es apta para el consumo humano (inviabile sanitariamente).

El IRCA es muy útil para comparar el agua cruda (sin tratar) con el agua ya tratada, y así saber si el proceso de potabilización es efectivo o si hay que tomar medidas para mejorar la calidad del agua (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007).

Cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua

El IRCA por muestra:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100 \quad (1)$$

7. MARCO LEGAL

Constitución Política de Colombia (1991). Artículo 79: Garantiza el derecho de todas las personas a un ambiente sano y establece la obligación del Estado de proteger la diversidad e integridad del entorno natural. Artículo 80: El Estado debe planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, incluyendo el agua, para garantizar su sostenibilidad (Congreso de Colombia, 1991).

Ley 99 de 1993. Crea el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y establece el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Define el agua como un recurso público cuya gestión debe garantizar su uso sostenible y asigna competencias a las autoridades ambientales en materia de control y vigilancia de los recursos hídricos (Congreso de Colombia, 1993).

Ley 1523 de 2012. Establece la política nacional de gestión del riesgo de desastres, aplicable a la calidad del agua en el contexto de desastres naturales o contaminación ambiental. Obliga a las entidades a evaluar y reducir los riesgos asociados a la contaminación de fuentes hídricas (Congreso de Colombia, 2012).

Decreto 1575 de 2007. Crea el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Obliga a las entidades prestadoras del servicio de agua potable a realizar monitoreos y análisis periódicos. Define medidas de prevención y mitigación ante riesgos sanitarios relacionados con la calidad del agua (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007).

Decreto 3930 de 2010. Regula el uso, conservación y protección de los recursos hídricos en Colombia. Define los criterios de calidad del agua, establece los límites máximos permisibles de vertimientos y los requisitos para el monitoreo y evaluación de la calidad del agua en fuentes hídricas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Resolución 2115 de 2007. Establece los criterios de calidad del agua para consumo humano. Define los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplir las fuentes de

agua potable. Regula el Sistema de Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP) (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007).

Resolución 4716 de 2010. Regula la elaboración de mapas de riesgo de la calidad del agua para consumo humano. Establece directrices para identificar y mitigar los riesgos asociados a la contaminación de fuentes hídricas, facilitando la gestión del recurso en situaciones de vulnerabilidad (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).

Resolución 0631 de 2015. Establece los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y sistemas de alcantarillado público. Asegura la prevención de la contaminación y protege la calidad del agua en el país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Norma Técnica Colombiana (NTC) 3903, 2019. Establece los criterios y estándares de calidad del agua para consumo humano. Define parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar que el agua cruda cumpla con las condiciones necesarias antes de su potabilización (ICONTEC, 2019).

Norma Técnica Colombiana (NTC) 5667, 2019. Regula los procedimientos para la toma de muestras de agua con el fin de garantizar su representatividad y precisión en los análisis de calidad. Incluye directrices sobre la selección del punto de muestreo, almacenamiento y transporte de muestras (ICONTEC, 2019).

Norma Técnica Colombiana (NTC) 8030, 2019. Proporciona lineamientos para la evaluación del impacto ambiental en fuentes hídricas. Regula el monitoreo y control de contaminantes emergentes y establece metodologías para la identificación de riesgos ambientales en cuerpos de agua (ICONTEC, 2019).

8. ESTADO DEL ARTE

El estudio de la calidad del agua ha sido un tema de investigación recurrente a nivel mundial debido a su relevancia para la salud pública y la sostenibilidad ambiental. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha desarrollado guías y normativas para el control y monitoreo de la calidad del agua potable, estableciendo parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que deben cumplirse para garantizar su seguridad (Organización Mundial de la Salud OMS, 2017).

A nivel global, investigaciones han demostrado la relación directa entre la contaminación del agua y el impacto en la salud pública. Un estudio realizado por Rice, Baird, Eaton y Clesceri (2017), enfatiza la necesidad de evaluar los niveles de coliformes fecales en cuerpos de agua, ya que estos representan un riesgo de enfermedades gastrointestinales. Asimismo, Chapra (2020) señala la importancia de modelar la calidad del agua para predecir la distribución de contaminantes y optimizar su tratamiento.

En América Latina, la calidad del agua ha sido una preocupación constante debido al crecimiento poblacional y la expansión de actividades agroindustriales. Bello y Hernández (2021), analizaron la contaminación en cuerpos hídricos superficiales en la región, destacando la presencia de pesticidas y metales pesados como amenazas críticas. De manera similar, González y Pérez (2019), realizaron un estudio sobre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en fuentes de agua para consumo humano, concluyendo que el monitoreo regular es esencial para prevenir brotes de enfermedades transmitidas por el agua.

En Colombia, la legislación sobre la calidad del agua se ha fortalecido con normativas como la Resolución 2115 de 2007 y la Resolución 0631 de 2015, las cuales establecen límites permisibles de contaminantes y criterios para su vigilancia (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015). Investigaciones nacionales han identificado que el uso de agroquímicos y la disposición inadecuada de residuos agrícolas y ganaderos han contribuido a la contaminación de fuentes hídricas (Martínez & Gómez, 2020). Además, estudios como el de Restrepo-Tarquino y Ruiz-

Suárez (2020) han resaltado la importancia de implementar estrategias de control y monitoreo para garantizar la seguridad del recurso hídrico en zonas rurales.

A nivel regional, la fuente hídrica La Esperanza ha sido objeto de estudio debido a su importancia para la comunidad de Guamalito. El análisis de las actividades económicas en sus alrededores ha evidenciado el uso de plaguicidas como Glifosato y Lannate, los cuales pueden infiltrarse en el agua a través de escorrentía superficial. Según Santos, Ferreira, Silva y Almeida (2018) la implementación de métodos avanzados de monitoreo y la educación ambiental son estrategias clave para reducir el impacto de estas prácticas en la calidad del agua.

Si bien se han desarrollado metodologías para evaluar la calidad del agua y reducir los riesgos asociados a la contaminación, aún existen desafíos importantes. La falta de monitoreo constante y el desconocimiento de la normativa por parte de la población pueden dificultar la implementación de medidas correctivas (Tchobanoglous & Schroeder, 2019). Además, el cambio climático y la variabilidad en los patrones de precipitación pueden influir en la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, aumentando la necesidad de estrategias adaptativas en la gestión del agua (UNESCO, 2019).

El estudio de la calidad del agua ha evolucionado desde una perspectiva global hasta un enfoque más localizado, permitiendo identificar los principales factores que afectan los cuerpos hídricos y sus implicaciones en la salud pública. En el contexto del presente trabajo, los hallazgos obtenidos contribuirán a la formulación de estrategias para mejorar la gestión del agua en la fuente hídrica La Esperanza, asegurando un abastecimiento seguro para la comunidad de Guamalito.

9. METODOLOGÍA

9.1 ÁREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en la fuente hídrica La Esperanza, ubicada en el centro poblado de Guamalito, municipio de El Carmen, Norte de Santander (Figura 1). Esta fuente es de vital importancia para el abastecimiento de agua potable en la región, por lo que su monitoreo y evaluación son fundamentales para garantizar la calidad del recurso hídrico.

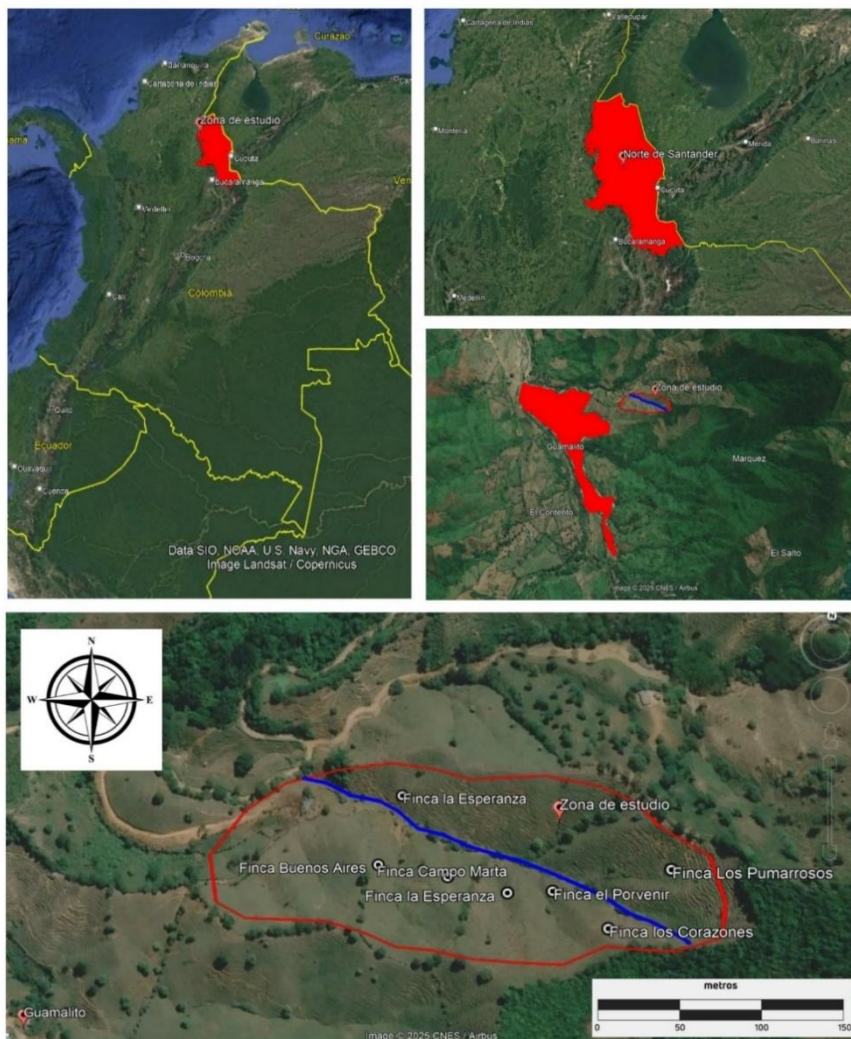


Figura 1. Mapa ubicación centro poblado de Guamalito, municipio de El Carmen, Norte de Santander, Zona de estudio.

El área de estudio se encuentra en una zona de influencia de actividades económicas como la agricultura y la ganadería, lo que podría representar un riesgo potencial de contaminación del agua por escorrentía y filtración de sustancias químicas. Para caracterizar la zona, se realizó un análisis detallado de la cartografía disponible y una inspección ocular en campo para identificar fuentes de posible contaminación y actividades humanas en la ronda de la quebrada La Esperanza.

Además, se tuvo en cuenta información climática relevante como el régimen de lluvias y la temperatura media, ya que estos factores pueden influir en la calidad del agua. La recopilación de datos fue complementada con información obtenida del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio, proporcionado por la Secretaría de Planeación de El Carmen.

9.1. DESARROLLO METODOLÓGICO

9.2.1 Tipo de Estudio

El presente proyecto se enmarca dentro de un enfoque de investigación mixto, ya que combina técnicas cuantitativas y cualitativas para lograr una comprensión integral del fenómeno estudiado: en la recolección y análisis de datos. Desde el enfoque cuantitativo, se recopilaron datos numéricos derivados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda de la quebrada La Esperanza, así como datos estadísticos obtenidos a través de encuestas estructuradas aplicadas a propietarios de fincas aledañas. Estos formularios incluyen información como el número de animales, uso de agroquímicos, tipo de cultivos, y frecuencia de aplicación de insumos, lo que permite realizar comparaciones objetivas y análisis estadísticos.

Por su parte, el enfoque cualitativo se refleja en la observación directa del entorno, el registro de prácticas agrícolas y ganaderas, y la evaluación del manejo ambiental en cada predio. A través de preguntas abiertas y del análisis de las condiciones del entorno, se obtiene

información contextual que permite comprender mejor los factores que inciden en la calidad del agua, más allá de los valores numéricos.

El uso de un enfoque mixto permite comprender de forma más completa el problema, integrando datos técnicos con el contexto social y ambiental del territorio. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), combinar lo cuantitativo y lo cualitativo facilita un análisis más claro y profundo, especialmente en temas complejos como la calidad del agua y su relación con las actividades humanas.

9.2.2 Población

La población objeto de estudio está constituida por el recurso hídrico proveniente de la quebrada La Esperanza.

9.2.3 Muestra

Para el análisis de la calidad del agua, se seleccionó una muestra representativa, específicamente representada por una muestra puntual de 20 ml de agua cruda recolectada en un punto de captación del acueducto del centro poblado Guamalito, en el municipio El Carmen. El punto donde se tomó la muestra fue elegido teniendo en cuenta su ubicación geográfica y las condiciones del entorno. Se priorizó una zona con mayor riesgo de contaminación por estar cerca de actividades económicas como la agricultura y la ganadería, además de posibles fuentes de descarga que podrían afectar la calidad del agua.

9.2.4 Técnicas de Muestreo

Las muestras de agua fueron recolectadas el 30 de enero de 2025. Inicialmente, se tenía previsto realizar el muestreo tanto en la temporada seca como en la temporada de lluvias; sin embargo, debido a la duración limitada de las prácticas académicas y a los inconvenientes causados por el conflicto armado en la zona del Catatumbo, solo fue posible llevarlo a cabo durante la temporada seca.

El muestreo se realizó siguiendo el protocolo establecido por la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5667 2019, garantizando la representatividad de las muestras y evitando contaminaciones cruzadas. Se recolectaron muestras para análisis fisicoquímicos y microbiológico bajo las siguientes consideraciones:

- Muestreo para parámetros físicos-químicos:** Se emplearon botellas de polietileno previamente enjuagadas con el agua de la fuente, evitando la presencia de burbujas de aire. Las muestras fueron refrigeradas a 4 °C hasta su análisis en el Siam.

- Muestreo microbiológico:** Para garantizar la confiabilidad de los resultados, se utilizaron botellas estériles y guantes desechables durante la recolección de las muestras, minimizando así el riesgo de contaminación. Las muestras fueron transportadas en condiciones controladas, dentro de una nevera con temperatura regulada, y analizadas en un plazo máximo de seis horas, asegurando la precisión de los análisis. Los estudios microbiológicos fueron realizados en el laboratorio del Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental (Siam) ubicado en Bucaramanga, Colombia, cumpliendo con los más altos estándares de calidad y protocolos de bioseguridad establecidos para este tipo de investigaciones.

Con el fin de obtener una visión integral sobre la calidad del agua, se complementó el análisis con una inspección ocular de la zona de estudio. Además, se aplicaron encuestas estructuradas a siete propietarios de las fincas cercanas a la fuente hídrica. El objetivo de estas encuestas fue identificar las prácticas agrícolas y ganaderas que se realizan en la zona, específicamente el uso de agroquímicos y otras actividades que pudieran representar un riesgo para la calidad del agua en la quebrada La Esperanza.

9.2. ANÁLISIS DE LOS DATOS

El análisis de los datos obtenidos se realizó mediante técnicas estadísticas descriptivas. Se compararon los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua en

relación con los estándares establecidos por la Resolución 2115 de 2007 y la NTC 1500 (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007; ICONTEC, 2019).

- Comparación con normativa:** Se contrastaron los valores obtenidos con los límites máximos permisibles establecidos en la legislación colombiana para evaluar el grado de contaminación del agua.

- Determinación IRCA:** Con el objetivo de analizar de manera integral la calidad del agua de la fuente hídrica La Esperanza, se realizará una comparación entre los resultados del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) del agua tratada, reportados por la empresa prestadora del servicio, y los resultados del IRCA calculado para el agua cruda, a partir de las muestras recolectadas durante el desarrollo de esta práctica académica. Este ejercicio comparativo tiene en cuenta que la evaluación del IRCA aplica para agua tratada o distribuida para consumo humano y no directamente en fuentes hídricas, sin embargo, esto permitirá identificar los cambios en la calidad del agua antes y después del proceso de potabilización, evaluar la efectividad del tratamiento aplicado y determinar los posibles riesgos sanitarios asociados al consumo de esta agua en su estado natural.

- **Identificación de peligros y evaluación de riesgos en la fuente de abastecimiento**

La gestión del riesgo en la fuente de abastecimiento se basó en la metodología propuesta por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Esta guía establece un enfoque estructurado para identificar y evaluar peligros que puedan afectar la calidad del agua, con el fin de garantizar su inocuidad y potabilidad (Organización Mundial de la Salud, 2009).

La identificación de estos peligros se realizó a partir del análisis de las actividades humanas y económicas que tienen lugar en los predios ubicados alrededor de la quebrada, zona conocida como ronda hidráulica. Este análisis incluyó la recopilación de información relevante sobre los usos del suelo, así como datos históricos de calidad del agua.

Para garantizar una evaluación completa, se utilizó un enfoque sistemático que permite identificar factores de riesgo clave sin omitir aspectos importantes. Este proceso considera tanto peligros naturales (como la presencia de fauna y flora, el clima, la topografía o las características geológicas), como peligros de origen humano. Entre estos últimos se encuentran las fuentes de contaminación puntuales, como descargas de aguas residuales municipales e industriales, y las fuentes no puntuales, como la escorrentía agrícola o urbana que puede arrastrar fertilizantes, pesticidas o desechos del ganado.

Además, se evaluaron los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua cruda para identificar factores críticos que puedan comprometer la calidad del recurso. Esta información permite caracterizar adecuadamente la fuente, identificar amenazas y proponer medidas para proteger el sistema de abastecimiento (Organización Mundial de la Salud, 2009).

Tabla 1. Posibles riesgos a la fuente de abastecimiento.

Peligros que pueden afectar la fuente de abastecimiento. Fuente de peligro	Peligro potencial o suceso peligroso
Variaciones estacionales.	Cambios en la calidad del agua de la fuente de abastecimiento.
Agricultura	Contaminación microbiológica; plaguicidas; nitrato; abonado con estiércol líquido o sólido; desecho de cadáveres de animales.
Explotación forestal	Plaguicidas; HPA - hidrocarburos (fuegos)
Viviendas: fosas sépticas	Contaminación microbiológica
Fauna y ganado	Contaminación microbiológica

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2009).

Evaluación de los riesgos a la calidad del agua

Una vez identificados los factores de peligro y los eventos que pueden afectar la calidad del agua se procedieron a evaluar y clasificar los riesgos asociados. Para ello, se analizó la probabilidad de ocurrencia de cada peligro y la gravedad de sus consecuencias en caso de que llegaran a materializarse. Esta comparación permitió establecer una jerarquía de riesgos,

diferenciando aquellos que son más significativos y requieren atención prioritaria, de los que presentan menor impacto potencial.

La clasificación de los riesgos se realizó utilizando una matriz de riesgos, la cual asigna una puntuación a cada peligro con base en dos criterios: la frecuencia o probabilidad de que ocurra y la severidad o magnitud del daño que puede causar. Esta metodología, de tipo semicuantitativo, es recomendada por la Organización Mundial de la Salud para facilitar una evaluación estructurada y comprensible del riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua (Organización Mundial de la Salud, 2009).

El uso de esta matriz permite tomar decisiones más informadas sobre qué riesgos deben ser gestionados de forma inmediata, y cuáles pueden ser controlados con medidas menos urgentes, garantizando así la protección de la salud pública.

Tabla 2. Puntajes de posibilidad y gravedad de los peligros.

Probabilidad o frecuencia	Clasificación	Gravedad de la consecuencia	Clasificación
Casi siempre: 1 vez al día	5	Catastrófica: Posible enfermedad	5
Probable: 1 vez por semana	4	Grave: Posibles efectos sobre la salud a largo plazo	4
Moderada: 1 vez al mes	3	Moderada: Consecuencias organolépticas extendidas o incumplimiento prolongado, sin relación con la salud.	3
Improbable: 1 vez al año	2	Leve: Consecuencias a corto plazo o locales, sin relación con la salud, ni con parámetros de cumplimiento, ni organolépticas.	2
Excepcional: 1 vez cada 5 años	1	Insignificante: No produce ningún efecto o no es detectable	1

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2009).

Evaluación cuantitativa del riesgo mediante matriz

Para evaluar el nivel de riesgo asociado a cada peligro identificado, se asignaron puntajes basados en dos criterios: la probabilidad de ocurrencia del evento peligroso y la gravedad de sus consecuencias sobre la calidad del agua. Esta evaluación se llevó a cabo utilizando una matriz de riesgos, que permitió combinar ambas variables y obtener una puntuación numérica final que representa el nivel de riesgo. Este método se basa en una fórmula que multiplica la

probabilidad por la severidad del peligro, generando un resultado que facilita clasificar el riesgo como bajo, modio, alto o muy alto. La matriz utilizada permite visualizar esta relación de manera clara y ayuda a priorizar los riesgos que requieren intervención inmediata para proteger la salud pública. La metodología aplicada sigue las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud en su manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua, el cual propone herramientas prácticas para la gestión de riesgos en los sistemas de abastecimiento (Organización Mundial de la Salud, 2009).

Tabla 3 *Matriz para la evaluación del riesgo*

Posibilidad	Gravedad de la consecuencia				
	Insignificante Clasificación:1	Leve Clasificación:2	Moderado Clasificación:3	Grave Clasificación:4	Catastrófico Clasificación:5
Casi siempre Clasificación:5	5	10	15	20	25
Probable Clasificación:4	4	8	12	16	20
Moderada Clasificación:3	3	6	9	12	15
Improbable Clasificación:2	2	4	6	8	10
Excepcional Clasificación:1	1	2	3	4	5

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2009).

Riesgo = probabilidad x gravedad

Tabla 4. Clasificación del riesgo.

Puntuación del riesgo	<6	6-9	10-15	>15
Clasificación del riesgo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2009).

10.RESULTADOS Y ANÁLISIS

10.1. IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES CERCA A LA QUEBRADA LA ESPERANZA

Durante la inspección ocular, se identificaron todas las actividades económicas realizadas en la zona de estudio. Entre las principales se encuentran los cultivos de cacao, aguacate, frijol, maíz, yuca, café, plátano y la ganadería.

En el recorrido por la fuente hídrica La Esperanza, ubicada en la vereda La Esperanza a 1100 metros sobre el nivel del mar, se observó la presencia de agricultura, ganadería y una zona de conservación forestal. Estas actividades fueron georreferenciadas en los siete puntos donde se tomaron coordenadas, dichos puntos fueron ubicados en el plano hidrográfico, lo que permitió identificar las afectaciones a la calidad del agua destinada al consumo humano. Como se muestra en la siguiente figura, se evidenció que la ganadería está muy expuesta a la fuente hídrica, lo que podría representar un riesgo para su calidad.

La identificación de las actividades económicas en la zona se realizó para determinar que predios tiene mayor impacto en la calidad del agua en la fuente hídrica la esperanza. Para realizar este proceso se diseñó una ficha predial como instrumento de recolección de datos diseñada para obtener información detallada del uso actual del suelo a lo largo de la fuente hídrica, cabe anotar que se obtuvieron datos precisos de las actividades económicas en el proceso de producción.

Esta información recolectada fue analizada con el fin de identificar los factores de riesgo que pueden afectar la fuente hídrica la esperanza.

En la figura 2 se presentan las actividades económicas desarrolladas en las fincas aledañas a la captación de agua. Las áreas marcadas en color verde corresponden a fincas dedicadas principalmente a la actividad agrícola; las señaladas en color naranja representan aquellas

donde se desarrolla la actividad ganadera; mientras que las fincas identificadas como mixtas indican la presencia simultánea de ambas actividades: agricultura y ganadería.

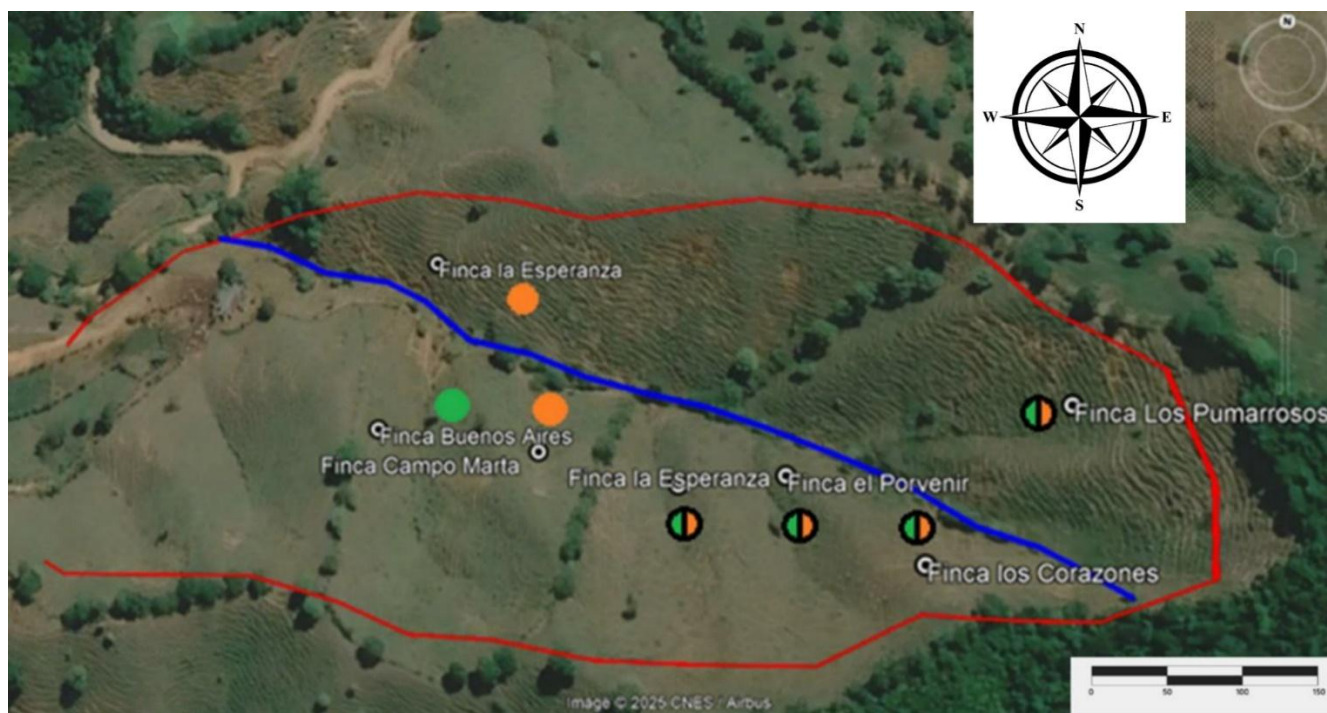


Figura 2. Uso del suelo zona de estudio.

Distribución de las actividades económicas

Anteriormente se mostró la zona de estudio donde hacen parte 7 predios de los cuales la mayoría de los predios desarrolla actividades mixtas de ganadería y agricultura la cual está representada en 4 predios con cacao, aguacate, frijol, maíz, yuca, café, plátano la cría de aganado cebú y cruzado.

Tabla 5 *Actividad económica de las fincas aledañas a la captación*

#Predio	Nombre del Predio	Actividad económica
1	Finca el Porvenir	Agricultura y ganadería
2	Finca la Esperanza	Ganadería
3	Finca Buenos Aires	Agricultura
4	Finca Campo Marta	Ganadería
5	Finca la Esperanza	Agricultura y ganadería
6	Finca Los Pumarrosos	Agricultura y ganadería
7	Finca los Corazones	Agricultura y ganadería

Diagrama de torta donde se muestran los porcentajes de las actividades económicas presentes en los predios.

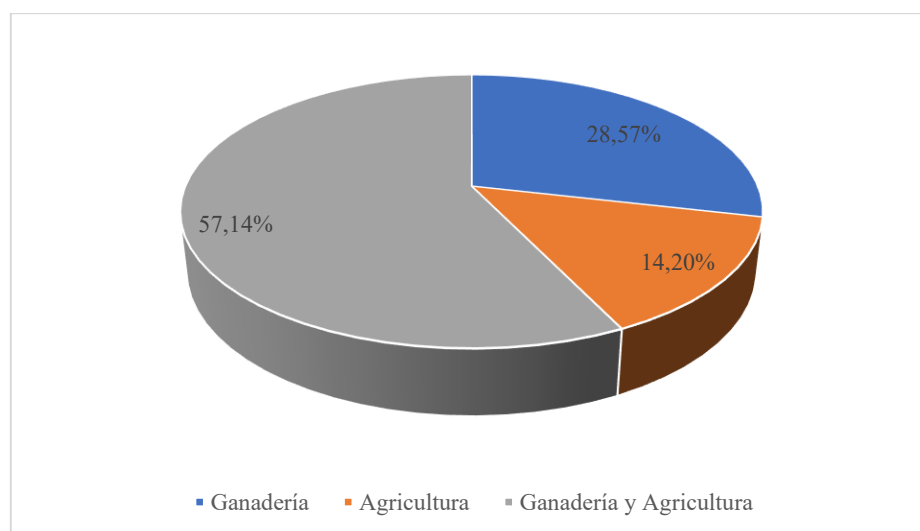


Figura 3. Distribución de las actividades económicas en el área de estudio.

Uso de los agroquímicos en las actividades económicas

En la zona de estudio, se identificó el uso de agroquímicos en la etapa de producción agrícola. Sin embargo, debido a que las áreas de cultivo se encuentran alejadas del margen de la fuente hídrica, la escorrentía no representa una afectación significativa.

En la tabla se presentan las sustancias utilizadas en cada predio para la actividad agrícola, junto con su frecuencia de uso y su categorización toxicológica. Esta información es fundamental para evaluar el impacto potencial de la contaminación en la fuente hídrica.

Tabla 6. Sustancias utilizadas en la agricultura por los propietarios de los predios aledaños a la captación.

Sustancia	Frecuencia de uso	Categoría Toxicológica
Glumazone	Cuando se requiere	II (Moderadamente peligroso)
Glifosato	Cuando se requiere	III (Ligeramente peligroso)
Monitor	Cuando se requiere	I (Altamente peligroso)
Oxiclورو	Cuando se requiere	III (Ligeramente peligroso)
Manzate	Cuando se requiere	III (Ligeramente peligroso)
Lannate	Cuando se requiere	I (Altamente peligroso)
Glifocafe	Cuando se requiere	II (Moderadamente peligroso)

Fuente: Elaboración propia.

Lista previa de posibles afectaciones

De acuerdo con la inspección ocular realizada en la fuente hídrica de abastecimiento junto con la información recolectada se realiza el levantamiento de las posibles actividades que afectan a la fuente abastecedora (tabla 7) según la resolución 4716 del 2010 donde se muestran las posibles características físicas y microbiológicas.

Tabla 7. Actividades que afectan la fuente abastecedora.

Actividad contaminante	Características físicas	Características químicas	Características microbiológicas	Observaciones
cacao, aguacate, frijol, maíz, yuca, café, plátano	Turbiedad	Nitritos, Nitratos, Carbamatos, Organofosfatos, Fosfatos		las actividades agrícolas como lo son el cacao, aguacate, frijol, maíz, yuca, café y plátano. Estas actividades económicas se encuentran a una distancia considerable de la margen de la fuente hídrica, y el uso de agroquímicos no es tan constante en los cultivos
Ganadería	Turbiedad y color	Fosfatos, COT, Nitratos	Coliformes totales, <i>E. Coli</i> , <i>Giardia</i> , <i>Cryptosporidium</i> , Mesofilos	La actividad ganadera se realiza de manera extensiva siendo este responsable principal de la presencia de microorganismos como los Coliformes, <i>E. Coli</i> los cuales pueden causar graves afecciones a la salud humana, debido a que en algunas fincas hay nacederos de agua y el ganado no tiene delimitación defecan en los nacederos

Fuente: Elaboración Propia.

10.2. Clasificación del nivel de riesgo en la calidad del agua y su impacto en la salud publica

A continuación, se presenta el cálculo del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) aplicado al agua cruda de la quebrada La Esperanza, ubicada en el centro poblado de Guamalito, municipio de El Carmen. Este análisis se realizó con base en los parámetros físicoquímicos y microbiológicos obtenidos durante el muestreo, aplicando la metodología de evaluación por puntos asignados según el cumplimiento o incumplimiento de los valores máximos permisibles establecidos en la normativa nacional vigente.

Tabla 8. Parámetros físicoquímicos y microbiológicos analizados y su aporte al cálculo del IRCA en el agua cruda de la quebrada La Esperanza.

Parámetros para analizar	Expresados como	Unidad de medida	Valor máximo aceptable	Valor encontrado	Puntaje IRCA
Carbono orgánico total	COT	mg C/L	5,0	1,00	3
Nitritos	NO ₂ -	mg/L como N	0,1	0,005	3
Alcalinidad total	CaCO ₃	mg/L como CaCO ₃	200	101	1
Cloruros	Cl-	mg/L	250	3,30	1
Hierro total	Fe	mg/L	0,3	0,038	1.5
Sulfatos	SO ₄ 2-	mg/L	250	5,0	1
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	Unidades de Platino-Cobalto (UPC)	15	38,0	6
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT)	2	6,70	15
<i>E. coli</i>	UFC/100 mL	Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL)	0	40	25
Coliformes Totales	UFC/100 mL	Unidades Formadoras de Colonias (UFC/100 mL)	0	2500	15
Parámetros analizados	10	Sumatoria de los puntajes de riesgo a las características analizadas			71,5
Puntaje de riesgo características no aceptables	61	IRCA			85

Fuente: Elaborada basado en la Norma 2115 2007.

El análisis del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) aplicado al agua cruda de la fuente hídrica La Esperanza arrojó un resultado del 85%. Según la escala de clasificación del IRCA establecida por el Ministerio de Salud y Protección Social, este valor indica que el agua se encuentra en un estado de riesgo inviable sanitariamente, lo cual significa que no es apta para el consumo humano sin un tratamiento adecuado.

Agua cruda: El análisis del agua tomada directamente de la fuente hídrica La Esperanza arrojó un IRCA de 85 %, lo cual, según la Resolución 2115 de 2007, clasifica el agua como inviable sanitariamente. Esto significa que presenta un alto riesgo para la salud pública, debido a la presencia de microorganismos patógenos como *E. coli* y coliformes, así como una turbidez y color fuera de los límites aceptables.

Agua tratada: Según los registros del Ministerio de Salud, la empresa prestadora EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO reportó en varias fechas del año 2024 (junio a diciembre) un IRCA de 0 %, clasificado como sin riesgo, lo que indica que el sistema de tratamiento es eficaz y cumple con los parámetros de calidad exigidos para el consumo humano estos resultados se encuentran en el apartado de anexos.

La comparación evidencia que el sistema de tratamiento de agua está cumpliendo eficientemente con su propósito, reduciendo un agua cruda con alto riesgo sanitario a una calidad óptima y segura para el consumo humano. Sin embargo, este contraste también subraya la importancia de continuar con un monitoreo riguroso y constante, tanto en la fuente como en el sistema de potabilización, con el fin de prevenir afectaciones a la salud pública y asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.

Evaluación del riesgo probabilidad y gravedad de las consecuencias

En la evaluación de riesgos es fundamental estimar la probabilidad de que ocurra un evento y la gravedad de sus consecuencias. Para esto, se utilizó como referencia una matriz de evaluación de riesgos tomada del Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Esta matriz permite asignar un puntaje de riesgo según la frecuencia con la que puede ocurrir un evento y el impacto que podría tener.

Los eventos a evaluar se seleccionaron en función de las actividades económicas que se desarrollan en los predios y de las observaciones realizadas durante la visita de campo, como se muestra en la Tabla.

Tabla 9. Matriz evaluación del riesgo según el plan de seguridad del agua (OMS).

Uso del suelo del predio						
Agrícola y Ganadero						
Predio No: 1						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.
Almacenamiento de Agroquímicos	Químico	2	4	8	Medio	La probabilidad de que se derrame estos medios de almacenamiento es baja ya que los predios se encuentran a una distancia considerable de la quebrada.

Disposición Final de los envases	Físico	2	5	10	Alto	Debido a que la aplicación de los químicos es de forma empírica no se cuenta con una adecuada disposición de éstos y se ha observado que los campesinos los utilizan como envases para guardar agua que luego consumen.
Aplicación de insecticida	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de fertilizantes	Químico	3	4	12	Alto	Los fertilizantes son aplicados por los residentes de la finca cuando se requiere.
Aplicación de Fungicidas	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de Herbicidas	Químico	3	4	12	Alto	En este predio se cultiva cacao, aguacate, yuca, plátano y maíz y se aplican Herbicidas como el glumasone y el glifosato, 80 gr por bomba.
Ganadería extensiva	Microbiológico	3	5	15	Muy Alto	El predio cuenta con 20 cabezas de ganado Cebú de forma extensiva se han observado dos nacimientos de agua y 3 hectáreas para reforestación.

Promedio de nivel de riesgo en el predio	9	Medio	El predio número 1 representa un nivel de riesgo medio por lo cual es una posible fuente de contaminación a la quebrada la esperanza
---	----------	--------------	--

Fuente: Elaborada a partir de el plan de seguridad del agua (OMS).

Después de evaluar el nivel de riesgo de cada posible evento identificado en el predio, se calcula un promedio con las puntuaciones obtenidas. Este promedio ayuda a determinar qué tan alto es el riesgo que representa el predio para la fuente de agua que abastece a la comunidad.

En este caso, el predio número 1 obtuvo un puntaje promedio de 9, lo que lo clasifica como un riesgo medio para la fuente hídrica.

Clasificación del riesgo de los predios

El cálculo de los puntajes de riesgo para los demás predios se realizó utilizando la misma metodología de evaluación previamente explicada, y sus resultados se encuentran disponibles en el anexo. La clasificación del nivel de riesgo correspondiente a cada predio puede consultarse en la tabla respectiva. Además, se presenta el promedio del riesgo generado por el conjunto de los predios hacia la fuente abastecedora, el cual resultó en un riesgo medio para la fuente.

Tabla 10. Clasificación del riesgo de los predios.

Predio No	Puntaje del riesgo	Clasificación del riesgo
1	9	Medio
2	10	Alto
3	9	Medio
4	10	Alto
5	10	Alto
6	8	Medio
7	9	Medio
Promedio del puntaje de riesgo de los predios.	9	Medio

Fuente: Elaborada a partir de el plan de seguridad del agua (OMS).

10.2.1 RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE QUEBRADA LA ESPERANZA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de las muestras de agua cruda de la fuente hídrica La Esperanza. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con la normativa vigente en Colombia, incluyendo la Resolución 2115 de 2007, la Resolución 4716 de 2010, la Norma Técnica Colombiana NTC 3903, la Norma Técnica Colombiana NTC 8030 y la Resolución 0631 de 2015 (Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2007; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010, 2015; ICONTEC, 2019).

Análisis Fisicoquímicos

Los resultados obtenidos para los principales parámetros fisicoquímicos del agua cruda fueron:

Alcalinidad Total: 101 mg/L CaCO_3 , dentro del rango aceptable para fuentes hídricas según la NTC 3903. Una alcalinidad adecuada es fundamental para estabilizar el pH del agua y minimizar la corrosión en sistemas de distribución.

Carbamatos: <0,001 mg/L, cumpliendo con los límites establecidos en la Resolución 0631 de 2015. La ausencia significativa de estos compuestos indica que no hay contaminación química relevante proveniente de plaguicidas agrícolas.

Carbono Orgánico Total: <1,00 mg C/L, reflejando baja presencia de materia orgánica, lo que facilita la potabilización y minimiza la formación de subproductos de desinfección.

Cloruros: <3,30 mg/L, dentro de los estándares de calidad del agua potable según la Resolución 2115 de 2007. La baja concentración de cloruros indica que el agua es apta para consumo sin generar riesgos de corrosión o alteraciones en el sabor.

Color Aparente: 38,0 unidades Pt-Co, sugiriendo la posible presencia de materia orgánica y metales en suspensión, lo que podría afectar la percepción sensorial del agua.

Conductividad Eléctrica: 175 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que sugiere baja concentración de iones disueltos, cumpliendo con la NTC 3903. Este valor indica que el agua presenta una mineralización baja, lo que es positivo en términos de calidad.

Dureza Cálctica: 65,8 mg/L CaCO_3 , considerada moderada y adecuada para la mayoría de usos. Este nivel evita problemas de incrustaciones en tuberías sin comprometer el contenido mineral necesario para el consumo humano.

Fósforo Reactivo Total: 0,07 mg $\text{P-PO}_4^{3-}/\text{L}$, dentro de niveles bajos sin riesgo inmediato de eutrofización, sin embargo, un monitoreo continuo es necesario para evitar el crecimiento de algas en la fuente hídrica.

Hierro Total: 0,083 mg Fe/L, dentro de los límites permisibles para agua cruda según la NTC 8030. Niveles elevados de hierro pueden afectar el color y sabor del agua, además de favorecer el crecimiento bacteriano.

Nitritos: <0,005 mg NO₂⁻-N/L, indicando niveles seguros y sin riesgos sanitarios. La ausencia de nitritos sugiere que no hay contaminación reciente por fuentes de origen agrícola o industrial.

Pesticidas Organofosforados: <0,0004 mg/L, dentro de los límites seguros según la normativa vigente. La presencia de estos compuestos en concentraciones mayores podría generar efectos tóxicos en la población.

Sulfatos: <5,0 mg/L, sin impacto significativo en la calidad del agua. Niveles elevados pueden causar efectos laxantes y alterar el sabor del agua potable.

Turbidez: 6,70 NTU, excediendo los niveles recomendados en la Resolución 2115 de 2007, lo que indica la necesidad de tratamiento adicional. La turbidez elevada puede interferir con los procesos de desinfección y facilitar la proliferación de microorganismos patógenos. Estos valores reflejan que, aunque el agua cruda presenta una calidad química adecuada, la turbidez elevada y la posible presencia de materia orgánica pueden afectar su potabilización, requiriendo optimización en los procesos de tratamiento.

Análisis Microbiológico

E. coli: 40 UFC/100 ml, superando los límites establecidos en la Resolución 2115 de 2007, lo que indica contaminación fecal. La presencia de esta bacteria sugiere una posible infiltración de residuos orgánicos en la fuente hídrica, lo que representa un riesgo para la salud pública.

Coliformes Totales: 2500 UFC/100 ml, representando un alto nivel de contaminación biológica. Su presencia elevada sugiere la necesidad de reforzar las medidas de saneamiento y control en la cuenca hidrográfica.

Giardia: 0,00 quistes/L, sin presencia detectable, cumpliendo con la normativa. La ausencia de este parásito indica que, al menos en este análisis, no hay contaminación significativa con protozoarios resistentes al cloro.

Los altos niveles de coliformes y *E. coli* indican la necesidad de reforzar los procesos de desinfección antes de su distribución para consumo humano, en conformidad con la Resolución 4716 de 2010 sobre evaluación del riesgo en fuentes hídricas. La implementación de sistemas de filtración más eficientes y el monitoreo continuo son clave para minimizar estos riesgos microbiológicos.

Riesgos Asociados a los Parámetros fisicoquímicos

Los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico del agua cruda presentan tanto aspectos positivos como factores de riesgo para la salud pública. Aunque la alcalinidad total (101 mg/L CaCO_3) se encuentra dentro de los límites recomendados por la Norma Técnica Colombiana (NTC 3903 2019) y contribuye a la estabilidad del pH, la turbidez elevada (6,70 NTU) representa un problema significativo, ya que puede afectar los procesos de desinfección y permitir el desarrollo de microorganismos patógenos (WHO, 2017).

La concentración de hierro total (0,083 mg/L) está dentro de los límites permisibles según la NTC 8030. Sin embargo, niveles elevados de hierro pueden inducir cambios en el color y sabor del agua, además de favorecer el crecimiento bacteriano en sistemas de almacenamiento (EPA, 2021). Por otro lado, el color aparente (38,0 unidades Pt-Co) sugiere la presencia de materia orgánica, lo que podría aumentar la formación de subproductos de desinfección como los trihalometanos, los cuales tienen potencial cancerígeno (Richardson et al., 2007).

El bajo contenido de pesticidas organofosforados ($<0,0004$ mg/L) y carbamatos ($<0,001$ mg/L) indica que no hay contaminación relevante por plaguicidas, lo que reduce el riesgo de intoxicaciones agudas o efectos crónicos como alteraciones neurológicas y endócrinas (Gilden et al., 2010). Sin embargo, el fósforo reactivo total ($0,07$ mg/L) debe ser monitoreado constantemente, ya que su acumulación en la fuente hídrica podría generar problemas de eutrofización, promoviendo el crecimiento de cianobacterias productoras de toxinas nocivas para la salud humana (Paerl & Otten, 2013).

Riesgos Asociados a los Parámetros Microbiológicos

El análisis microbiológico revela una preocupante contaminación biológica. La presencia de *Escherichia coli* (40 UFC/100 ml) supera los límites permitidos por la Resolución 2115 de 2007, lo que indica contaminación fecal directa. Esta bacteria es un indicador de contaminantes patógenos como Salmonella, Shigella y virus entéricos, responsables de enfermedades gastrointestinales, diarreas y, en poblaciones vulnerables, cuadros de deshidratación severa (Leclerc et al., 2002).

El conteo de coliformes totales (2500 UFC/100 ml) también excede los estándares sanitarios, lo que sugiere una alta carga de materia orgánica en descomposición y la necesidad de mejorar los sistemas de saneamiento en la cuenca hidrográfica. La contaminación microbiológica del agua potable es un factor de riesgo clave en la transmisión de enfermedades como el cólera, fiebre tifoidea y hepatitis A (Ashbolt, 2004).

Si bien no se detectó presencia de *Giardia* ($0,00$ quistes/L), lo que indica ausencia de protozoarios resistentes al cloro, es fundamental mantener un monitoreo continuo y mejorar los procesos de filtración y desinfección para reducir riesgos epidemiológicos en la población (Betancourt & Rose, 2004).

Implicaciones de los Resultados

Los resultados muestran que la fuente hídrica La Esperanza presenta buena calidad en términos químicos, pero riesgos microbiológicos y de turbidez que deben ser atendidos según la normativa vigente.

Para la empresa Emcagua, estos hallazgos proporcionan información clave para mejorar la gestión del recurso hídrico y optimizar los procesos de tratamiento del agua. La implementación de medidas correctivas y un monitoreo constante, conforme con la Resolución 4716 de 2010 y la NTC 3903, permitirá garantizar un suministro de agua seguro y en cumplimiento con los estándares de calidad.

En conclusión, los datos obtenidos resaltan la necesidad de fortalecer el control y tratamiento del agua para garantizar su calidad y proteger la salud de los habitantes que dependen de la fuente hídrica La Esperanza.

Tabla 11. Resultados de los análisis Físicos, químicos y Microbiológicos realizados a la fuente hídrica la Esperanza.

Parámetro	Valor Obtenido	Método	Norma/Referencia	Interpretación
Alcalinidad Total	101 mg/L CaCO ₃	NTC 632 (Método titulométrico)	Res. 2115 de 2007	Dentro del rango. Estabiliza el pH y reduce corrosión.
Carbamatos	<0,001 mg/L	EPA 531.1 (Cromatografía líquida HPLC)	Res. 0631 de 2015	Ausencia significativa. Sin contaminación por plaguicidas.
Carbono Orgánico Total	<1,00 mg C/L	SM 5310 B (Oxidación catalítica de alta temperatura - NDIR)	Res. 2115 de 2007	Baja materia orgánica. Facilita potabilización.
Cloruros	<3,30 mg/L	SM 4500-Cl ⁻ B (Método argentométrico)	Res. 2115 de 2007	Sin riesgo de corrosión o alteraciones en el sabor.
Color Aparente	38,0 unidades Pt-Co	SM 2120 B (Comparador visual o espectrofotómetro)	Res. 2115 de 2007	Indica presencia de orgánicos/metales. Puede afectar estética.

Conductividad Eléctrica	175 $\mu\text{S}/\text{cm}$	SM 2510 B (Conductímetro a 25 °C)	NTC 3903	Mineralización baja. Buena calidad.
Dureza Cálrica	65,8 mg/L CaCO_3	SM 2340 C (Método titulométrico con EDTA)	NTC 3903	Moderada. Evita incrustaciones y aporta minerales.
Fósforo Reactivo Total	0,07 mg/L	SM 4500-P E (Espectrofotometría con ácido ascórbico)	NTC 3903	Bajo riesgo. Monitoreo necesario por eutrofización.
Hierro Total	0,083 mg/L	SM 3111 B (Espectrofotometría de absorción atómica llama - FAAS)	Res. 2115 de 2007	Dentro del límite. Puede afectar color/sabor si aumenta.
Nitritos	<0,005 mg/L	SM 4500- NO_2^- B (Espectrofotometría)	Res. 2115 de 2007	Niveles seguros. Sin contaminación reciente.
Pesticidas Organofosforados	<0,0004 mg/L	EPA 8141B (Cromatografía de gases con detección específica - ECD/NPD)	Res. 0631 de 2015	Dentro del límite. Sin toxicidad aparente.
Sulfatos	<5,0 mg/L	SM 4500- SO_4^{2-} E (Turbidimetría)	Res. 2115 de 2007	Sin impacto en calidad. Nivel muy bajo.
Turbidez	6,70 NTU	SM 2130 B (Nefelometría)	Res. 2115 de 2007	Excede el límite. Requiere tratamiento adicional.
<i>E. coli</i>	40 UFC/100 mL	SM 9221 F (Técnica de fermentación en tubos múltiples)	Res. 2115 de 2007	Contaminación fecal. Riesgo sanitario alto.
Coliformes Totales	2500 UFC/100 mL	SM 9221 B (Técnica del NMP en tubos múltiples)	Res. 2115 de 2007	Alta contaminación biológica. Refuerzo de saneamiento necesario.
<i>Giardia</i>	0 quistes/L	EPA 1623.1 (Filtración + inmunofluorescencia)	NTC 3903	Ausencia detectada. Sin contaminación por protozoarios.

Fuente: Elaboración propia.

10.3 MEDIDAS PROPUESTAS CORRECTIVAS PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN EN LA FUENTE HÍDRICA

En el siguiente apartado se presentan las medidas correctivas propuestas con el fin de reducir el origen y las causas de la contaminación identificada en la fuente hídrica La Esperanza. Estas acciones buscan mitigar los efectos negativos sobre la calidad del agua y proteger la salud de la población abastecida por esta fuente.

Durante la práctica académica realizada en el área de influencia de la quebrada La Esperanza, se identificaron diversas fuentes de contaminación que pueden afectar la calidad del agua cruda destinada al consumo humano. Estas fuentes corresponden a variaciones estacionales, actividades agrícolas, explotación forestal, presencia de viviendas con fosas sépticas, y la libre circulación del ganado. Para cada una de ellas se proponen medidas correctivas que permitan mitigar los impactos negativos sobre el recurso hídrico.

Frente a las variaciones estacionales, se sugiere la implementación de barreras vegetativas y franjas de protección ribereña. Estas zonas de amortiguación contribuyen a reducir la escorrentía y el arrastre de sedimentos durante las lluvias intensas. No obstante, se debe tener en cuenta que, debido a la topografía del área, hay sectores con pendientes pronunciadas donde estas medidas no son aplicables, por lo cual se deben evaluar soluciones alternas para esas zonas.

En cuanto a la agricultura, se recomienda la instalación de franjas de vegetación nativa a lo largo de las riberas, que actúan como filtros naturales capaces de retener agroquímicos, sedimentos y nutrientes antes de que lleguen al cuerpo de agua. La biodiversidad vegetal existente en la zona favorece la implementación de esta estrategia.

En relación con la explotación forestal, las medidas incluyen la creación de zonas de protección donde se prohíba la tala, el control del uso de maquinaria, la reforestación con especies nativas y el monitoreo constante de la calidad del agua. Estas acciones buscan minimizar la erosión, el arrastre de sedimentos y la pérdida de cobertura vegetal.

Respecto a las viviendas con fosas sépticas, se recomienda su adecuada ubicación, mantenimiento regular y capacitación a los habitantes sobre su uso correcto. A pesar de que la mayoría de las viviendas cumplen con los requisitos básicos, la falta de sistema séptico en una finca específica podría representar un riesgo a futuro, por lo cual se propone implementar alternativas como biodigestores o letrinas ecológicas.

Finalmente, en lo relacionado con la presencia de fauna y ganado, se identificó que estos animales acceden libremente a los nacederos de agua, contaminándolos con materia fecal. Para evitar esta situación, se plantea la instalación de cercas perimetrales, la construcción de bebederos alternativos fuera de la zona de protección y actividades de sensibilización a los propietarios sobre el impacto del ganado en la calidad del agua.

La implementación de estas medidas contribuirá significativamente a la conservación de la fuente hídrica La Esperanza y al mejoramiento de la calidad del agua destinada al consumo de la población del centro poblado de Guamalito.

11.CONCLUSIONES

La identificación de las actividades económicas en los predios aledaños a la quebrada La Esperanza evidenció que la agricultura y la ganadería son las únicas prácticas desarrolladas en la zona. Aunque las áreas agrícolas se encuentran relativamente alejadas del margen de la fuente hídrica y el uso de agroquímicos no es intensivo, se confirmó el uso de sustancias de categoría toxicológica I y II como el Monitor y el Glumazone, que pueden representar un riesgo si no se manejan adecuadamente.

La ganadería extensiva fue identificada como la actividad de mayor riesgo, dado que el ganado no cuenta con cercas perimetrales y tiene acceso directo a nacederos de agua, lo que facilita la contaminación por heces fecales. Esta situación se refleja en la presencia de parámetros microbiológicos elevados como *E. coli* y coliformes totales en el agua cruda, afectando potencialmente la salud de la población.

El análisis de los ensayos fisicoquímicos y microbiológicos realizados a la fuente hídrica La Esperanza evidencia que, la calidad química del agua cruda presenta condiciones no aceptables conforme a los límites establecidos por normativas como la Resolución 2115 de 2007, la NTC 3903 y la Resolución 0631 de 2015, existen factores que representan un riesgo para la salud pública. Entre los resultados positivos se encuentran niveles seguros de alcalinidad, cloruros, nitritos y pesticidas organofosforados. No obstante, la turbidez elevada, el color aparente y la presencia de coliformes totales y *E. coli* superan los límites permisibles y representan un riesgo sanitario considerable.

Se evidencia una contaminación fecal significativa que compromete la potabilidad del recurso hídrico y la efectividad de los procesos de desinfección, lo cual puede facilitar la proliferación de microorganismos patógenos como Salmonella, Shigella y virus entéricos.

El análisis del IRCA realizado al agua cruda de la quebrada La Esperanza arrojó un resultado del 85 %, clasificándola como inviable sanitariamente según la Resolución 2115 de 2007.

Este valor indica un alto riesgo para la salud humana debido a la presencia de coliformes, *E. coli*, y niveles de turbidez elevados.

Se concluye que la implementación de cercas para el ganado, franjas de protección vegetal, sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales y planes de reforestación, representan acciones clave para reducir la carga contaminante. Estas medidas, adaptadas a las condiciones topográficas del área, contribuirán a preservar la calidad del agua y a proteger la salud pública de la población de Guamalito.

12.RECOMENDACIONES

Para conservar el suelo y el agua, es fundamental implementar prácticas agrarias que reduzcan la erosión y mejoren la retención de humedad. Esto puede lograrse mediante la adopción de sistemas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura, que minimizan el impacto ambiental.

Asimismo, es necesario fomentar tecnologías y métodos de cultivo que reduzcan la contaminación de los recursos hídricos, como los sistemas de cultivo sin labranza y las técnicas de agricultura de precisión. Para ello, se recomienda reglamentar el uso de insumos agrícolas a través de prácticas que promuevan la fertilidad del suelo y reduzcan el riesgo de contaminación, como la aplicación controlada de fertilizantes y el uso de abonos orgánicos.

La conservación y recuperación de suelos degradados debe abordarse mediante la implementación de técnicas como el uso de barreras vegetales, la reforestación y el manejo sostenible del suelo. Además, es importante establecer cercas vivas y enriquecer los márgenes de la microcuenca para prevenir la erosión y la contaminación.

En el ámbito ganadero, se recomienda promover la ganadería intensiva y/o estabulada en lugar del pastoreo libre, con el fin de reducir la presión sobre los recursos naturales y minimizar el impacto en los ecosistemas acuáticos. También se debe construir bebederos sustitutos para el ganado en áreas ganaderas, evitando que los animales accedan directamente a las fuentes de agua, lo que podría generar contaminación.

La educación ambiental juega un papel clave en la conservación de los recursos naturales. Es necesario desarrollar e implementar programas de capacitación que incluyan talleres y cursos sobre prácticas sostenibles y gestión adecuada de los recursos hídricos. Dentro de estos programas, se debe capacitar a los residentes en el manejo seguro de agroquímicos, garantizando su correcta aplicación y almacenamiento para evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

Finalmente, se debe considerar la adquisición de fincas ubicadas en la parte superior de la quebrada La Esperanza, lo que permitiría una gestión más efectiva del área y contribuiría a la reducción de la escorrentía, mejorando así la calidad del agua en la fuente hídrica.

13. OTRAS ACTIVIDADES ASOCIADAS A LA PRÁCTICA

Visita junto a la gerente de emcagua al matadero del Carmen por la mala disposición de los residuos y los malos olores

Junto a la gerente de emcagua se realizó una visita al matadero del municipio el Carmen, debido a que en estas instalaciones no se está disponiendo de manera correcta los huesos del ganado sacrificado con el fin del consumo humano, el vehículo de aseo estaba presentado inconvenientes con las autoridades sanitarias por el mal olor generado por estos residuos al ser trasportados al relleno sanitario La Madera ubicado en Ocaña Norte de Santander, también se encontró estancamiento de aguas que pueden generar la proliferación del sancudo y esto a su vez contribuir al aumento de los casos de dengue.



Figura 4. Mala disposición huesos de ganado.

Visita a local de agroquímicos en el centro poblado de Guamalito con el fin de verificar la clasificación de herbicidas, plaguicidas y fungicidas

Se realizó una inspección a la tienda más grande donde se venden productos químicos para la agricultura con el propósito de verificar si los productos tales como los herbicidas, plaguicidas y fungicidas estén ordenados correctamente y cumplan con las regulaciones del IRCA.



Figura 5. Productos químicos distribuidos en el centro poblado de Guamalito.

Participación en limpieza y recolección de residuos sólidos en el polideportivo del barrio san Luis en el Carmen

En colaboración con miembros de apoyo de la alcaldía municipal se realizó una actividad de limpieza y recolección de residuos sólidos a los alrededores del polideportivo donde se estaban depositando basuras de forma ilegal por parte de la comunidad del barrio, por medio de una reunión que se realizó con miembros de la comunidad se pactó la limpieza de estas basuras, y se dejó en claro que no se podían volver a arrojar estás basuras en el sitio.



Figura 6. Zona contaminada por la mala disposición de los residuos de los habitantes.

14.BIBLIOGRAFIA

- Bello, M., & Hernández, J. (2021). Evaluación de la calidad del agua en cuerpos hídricos superficiales en América Latina: retos y perspectivas. *Environmental Science & Policy*, 120, 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.009>
- Chapra, S. C. (2020). *Surface Water-Quality Modeling* (2ª ed.). Waveland Press. <https://www.waveland.com/browse.php?t=668>
- Congreso de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. <https://www.secretariassenado.gov.co/>
- Congreso de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. <https://www.minambiente.gov.co/>
- González, A., & Pérez, C. (2019). Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en fuentes de agua para consumo humano. *Journal of Water and Health*, 17(3), 290–305. <https://doi.org/10.2166/wh.2019.220>
- ICONTEC. (2019). Norma Técnica Colombiana NTC 813: Agua potable. Requisitos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. <https://www.icontec.org/>
- ICONTEC. (2019). Norma Técnica Colombiana NTC 3903: Calidad del agua. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Martínez, L., & Gómez, R. (2020). Contaminación del agua en zonas rurales: impacto de la actividad agropecuaria en la calidad del recurso hídrico. *Water Research*, 178, 115812. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115812>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Resolución 4716 de 2010: Evaluación del riesgo en fuentes hídricas. <https://www.minambiente.gov.co/>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 2015: Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a sistemas de alcantarillado público. Diario Oficial No. 49.850.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2007). Resolución 2115 de 2007: Normas de calidad del agua para consumo humano. <https://www.minsalud.gov.co/>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Ginebra: OMS. <https://www.who.int/es/publications/i/item/water-safety-plan-manual-%28wsp-manual%29>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). Guías para la calidad del agua potable, 4ª ed. Incorporación del primer y segundo apéndices. OMS. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Restrepo-Tarquino, D., & Ruiz-Suárez, J. (2020). Evaluación de la calidad del agua potable en zonas rurales de Colombia: Un enfoque integral. *Revista de Salud Pública*, 22(3), 341–352. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n3.81704>
- Rice, E. W., Baird, R. B., Eaton, A. D., & Clesceri, L. S. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23ª ed.). American Public Health Association. <https://www.apha.org/publications>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana Editores.

- Santos, F., et al. (2018). Métodos avanzados para el monitoreo de la calidad del agua en fuentes superficiales. *Science of the Total Environment*, 640–641, 1398–1412. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.344>
- Tchobanoglous, G., & Schroeder, E. D. (2019). *Water Quality: Characteristics, Modeling, and Modification*. Addison-Wesley. <https://www.springer.com/gp/book/9780321746330>
- UNESCO. (2019). *Water Quality and Water Security: Challenges and Solutions for Safe and Sustainable Water Supply*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19534-8>
- UNESCO. (2019). *Water Quality Guidelines for Ecosystems and Human Health*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371865>

15.ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ EVALUACIÓN DEL RIESGO SEGÚN EL PLAN DE SEGURIDAD DEL AGUA (OMS)

Uso del suelo del predio Agrícola y Ganadero						
Predio No: 2						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.
Ganadería extensiva	Microbiológico	2	5	10	Alto	El predio cuenta con 10 cabezas de ganado Cebú de forma extensiva.
Promedio de nivel de riesgo en el predio				10	Alto	El predio número 2 representa un nivel de riesgo alto se debe tener en cuenta que la ganadería extensiva puede suponer un gran riesgo descontaminación a la fuente hídrica.

Promedio de los puntajes de riesgo: 10

Clasificación del riesgo del predio No. 2: **Alto**

Uso del suelo del predio						
Agrícola y Ganadero						
Predio No: 3						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.
Almacenamiento de Agroquímicos	Químico	2	4	8	Medio	La probabilidad de que se derrame estos medios de almacenamiento es baja ya que los predios se encuentran a una distancia considerable de la quebrada.
Disposición Final de los envases	Físico	2	5	10	Alto	Debido a que la aplicación de los químicos es de forma empírica no se cuenta con una adecuada disposición de éstos.
Aplicación de insecticida	Químico	3	4	12	Alto	En este predio se cultiva frijol, aguacate, cacao, yuca, plátano y se aplican insecticidas como el monitor, cuando se requiere.

Aplicación de fertilizantes	Químico	3	4	12	Alto	Los fertilizantes son aplicados por los residentes de la finca cuando se requiere.
Aplicación de Fungicidas	Químico	2	5	10	Alto	Los fungicidas son aplicados de manera empírica cuando se requiere se aplican productos como el oxiclورو y el manzate.
Aplicación de Herbicidas	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Promedio de nivel de riesgo en el predio				9	Medio	El predio número 3 representa un nivel de riesgo medio se debe tomar precaución debido a que en este predio se utilizan más variedad de agroquímicos.

Promedio de los puntajes de riesgo: 9

Clasificación del riesgo del predio No. 3: **Medio**

Uso del suelo del predio						
Agrícola y Ganadero						
Predio No: 4						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.
Ganadería extensiva	Microbiológico	2	5	10	Alto	El predio cuenta con 20 cabezas de ganado Cruzado de forma extensiva.
Promedio de nivel de riesgo en el predio				10	Alto	El predio número 4 representa un nivel de riesgo alto se debe tener en cuenta que la ganadería extensiva puede suponer un gran riesgo descontaminación a la fuente hídrica.

Promedio de los puntajes de riesgo: 10

Clasificación del riesgo del predio No. 4: **Alto**

Uso del suelo del predio						
Agrícola y Ganadero						
Predio No: 5						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	3	5	15	Muy Alto	Se observó que este es el único predio aledaño a la captación que no cuenta con un pozo séptico.
Almacenamiento de Agroquímicos	Químico	2	4	8	Medio	La probabilidad de que se derrame estos medios de almacenamiento es baja ya que los predios se encuentran a una distancia considerable de la quebrada.
Disposición Final de los envases	Físico	2	5	10	Alto	Debido a que la aplicación de los químicos es de forma empírica no se cuenta con una adecuada disposición de éstos.
Aplicación de insecticida	Químico	2	5	10	Alto	Aplican insecticida 20cm por bomba productos como el Lannate.
Aplicación de fertilizantes	Químico	3	4	12	Alto	Los fertilizantes son aplicados por los residentes de la finca cuando se requiere.

Aplicación de Fungicidas	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de Herbicidas	Químico	3	4	12	Alto	En este predio se cultiva Frijol, maíz, café, yuca y se aplican Herbicidas como el glifosato, 20cm por bomba.
Ganadería extensiva	Microbiológico	3	5	15	Muy Alto	El predio cuenta con 96 cabezas de ganado Cebú de forma extensiva se han observado 7 nacimientos de agua y 10 hectáreas para reforestación.
Promedio de nivel de riesgo en el predio				10	Alto	El predio número 5 representa un nivel de riesgo alto y se debe tener en cuenta que la gran cantidad de ganado presente en la finca puede ser causa de un gran impacto a la fuente hídrica la esperanza.

Promedio de los puntajes de riesgo: 10

Clasificación del riesgo del predio No. 5: **Alto**

Uso del suelo del predio Agrícola y Ganadero
Predio No: 6

Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.
Almacenamiento de Agroquímicos	Químico	2	4	8	Medio	La probabilidad de que se derrame estos medios de almacenamiento es baja ya que los predios se encuentran a una distancia considerable de la quebrada.
Disposición Final de los envases	Físico	2	5	10	Alto	Debido a que la aplicación de los químicos es de forma empírica no se cuenta con una adecuada disposición de éstos.
Aplicación de insecticida	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de fertilizantes	Químico	3	4	12	Alto	Los fertilizantes son aplicados por los residentes de la finca cuando se requiere.

Aplicación de Fungicidas	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de Herbicidas	Químico	3	4	12	Alto	En este predio se cultiva café y se aplican Herbicidas como el glifocafe, cuando se requiere.
Promedio de nivel de riesgo en el predio				8	Medio	El predio número 6 representa un nivel de riesgo medio al ser un predio que solo cultiva café tiene un bajo impacto en la fuente hídrica.

Promedio de los puntajes de riesgo: 8

Clasificación del riesgo del predio No. 6: **Medio**

Uso del suelo del predio						
Agrícola y Ganadero						
Predio No: 7						
Evento	Tipo de peligro	Probabilidad	Gravedad	Puntuación	Clasificación de Riesgo	Observaciones
Vivienda poso séptico	Microbiológico	2	5	10	Alto	Debido a la distancia a la que se encuentra el predio de la fuente hídrica es poco probable que los desechos lleguen a la Quebrada.

Almacenamiento de Agroquímicos	Químico	2	4	8	Medio	La probabilidad de que se derrame estos medios de almacenamiento es baja ya que los predios se encuentran a una distancia considerable de la quebrada.
Disposición Final de los envases	Físico	2	5	10	Alto	Debido a que la aplicación de los químicos es de forma empírica no se cuenta con una adecuada disposición de éstos.
Aplicación de insecticida	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de fertilizantes	Químico	3	4	12	Alto	Los fertilizantes son aplicados por los residentes de la finca cuando se requiere.
Aplicación de Fungicidas	Químico	1	1	1	Bajo	No aplican
Aplicación de Herbicidas	Químico	3	4	12	Alto	En este predio se cultiva cacao, aguacate, café y se aplican Herbicidas como el glumasone y el glifocafe 20cm por bomba.

Ganadería extensiva	Microbiológico	3	5	15	Muy Alto	El predio cuenta con 30 cabezas de ganado Cebú de forma extensiva.
Promedio de nivel de riesgo en el predio				9	Medio	El predio número 7 representa un nivel de riesgo medio se debe tener precaución debido al uso de los químicos y a la gran cantidad de ganado en el predio.

Promedio de los puntajes de riesgo: 9

Clasificación del riesgo del predio No. 7: **Medio**

ANEXO 2. REPORTE EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO



INFORME DE RESULTADOS DEL IRCA POR MUESTRA POR PERSONA PRESTADORA (Decreto 1575/2007)

Año	Código Departam ento	Departamento	Código Municipio	Municipio	Persona prestadora	NIT	DV	ID AUTORIDAD SANITARIA	REGISTRADO EN SSPD	Número de muestra	Fecha de la toma	Finalidad	IRCA básico	IRCA especial	IRCA a reportar	Nivel de riesgo
2024	54	NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA	900097734	9		SI	219236	12/06/2024 12:40:00	Vigilancia	0	0	0	SIN RIESGO
2024	54	NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA	900097734	9		SI	234144	18/09/2024 10:00:00	Vigilancia	0	0	0	SIN RIESGO
2024	54	NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA	900097734	9		SI	241982	29/10/2024 11:00:00	Vigilancia	0	0	0	SIN RIESGO
2024	54	NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA	900097734	9		SI	247973	26/11/2024 11:20:00	Vigilancia	0	0	0	SIN RIESGO
2024	54	NORTE DE SANTANDER	54245	EL CARMEN	EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACIÓN PÚBLICA COOPERATIVA	900097734	9		SI	248513	11/12/2024 11:00:00	Vigilancia	0	0	0	SIN RIESGO

ANEXO 3. ENCUESTAS REALIZADAS A LOS HABITANTES DE LAS FINCAS ALEDAÑAS A LA CAPTACIÓN.

NOMBRE DEL PREDIO: El Portero				
PROPIETARIO: Benjamín Alvarado				
ADMINISTRADOR:				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		latitud	longitud	ÁREA (m²)
				ELEVACIÓN
PREDIO HABITADO	Si	N° DE INTEGRANTES	POZO SEPTICO	Si
USO DE AGROQUÍMICOS		N° TRABAJADORES	3	
USO ACTUAL DEL SUELO:				
Agricultura		Ganadería		
Cultivo	cacao, Aguacate, Yuca, Plátano, ñame		Tipo de Ganado y Raza	Cebu
Clase			N° de ganado en el predio	
Agroquímicos utilizados	Insecticidas	Herbicida	Fungicidas	Fertilizantes
Productos	Guanacaste, Euforbia			
Objetivo biológico				
Frecuencia	cuando se requiere			
Dosis	50 gr x bomba			
OBSERVACIONES	2 vacuinas de agua, 3 Has. Reforestación.			

NOMBRE DEL PREDIO: Finca Campo Mañana de Esperanza				
PROPIETARIO: Gabriel Lozano				
ADMINISTRADOR:				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		latitud	longitud	ÁREA (m²)
				ELEVACIÓN
PREDIO HABITADO	Si	N° DE INTEGRANTES	POZO SEPTICO	Si
USO DE AGROQUÍMICOS		N° TRABAJADORES	1	
USO ACTUAL DEL SUELO:				
Agricultura		Ganadería		
Cultivo			Tipo de Ganado y Raza	Cebu
Clase			N° de ganado en el predio	20
Agroquímicos utilizados	Insecticidas	Herbicida	Fungicidas	Fertilizantes
Productos				
Objetivo biológico				
Frecuencia				
Dosis				
OBSERVACIONES				

NOMBRE DEL PREDIO: Finca Campo Mañana de Esperanza				
PROPIETARIO: Gabriel Lozano				
ADMINISTRADOR:				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		latitud	longitud	ÁREA (m²)
				ELEVACIÓN
PREDIO HABITADO	Si	N° DE INTEGRANTES	POZO SEPTICO	NO
USO DE AGROQUÍMICOS		N° TRABAJADORES		
USO ACTUAL DEL SUELO:				
Agricultura		Ganadería		
Cultivo	Frijol, Maíz, Caca, Yuca		Tipo de Ganado y Raza	Cebu
Clase			N° de ganado en el predio	96
Agroquímicos utilizados	Insecticidas	Herbicida	Fungicidas	Fertilizantes
Productos	Atrazina, Glifosato			
Objetivo biológico	controlar plagas			
Frecuencia	cuando se requiere			
Dosis	20 cm x bomba			
OBSERVACIONES	10 Has. para reforestación, 7 vacuinas en la finca.			

PREDIO N°				
NOMBRE DEL PREDIO	Finca Buenos Aires		VEREDA	
PROPIETARIO	Wilson Alvarez Montano			
ADMINISTRADOR				
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	latitud	longitud	ÁREA (m²)	20 Has.
			ELEVACIÓN	
PREDIO HABITADO	Si	N° DE INTEGRANTES	1	POZO SEPTICO Si
USO DE AGROQUÍMICOS		N° TRABAJADORES	3	
USO ACTUAL DEL SUELO:				
Agricultura		Ganadería		
Cultivo	Frijol, aguacate, Cacao, yuca, Plátano		Tipo de Ganado y Raza	NO
Clase			N° de ganado en el predio	
Agroquímicos utilizados	Insecticidas	Herbicida	Fungicidas	Fertilizantes
Productos	Montes, Delcloturo			
Objetivo biológico	Aguacate, Manzate			
Frecuencia	cuando se requiere			
Dosis	la cantidad			
OBSERVACIONES				

ANEXO 4. REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO ANÁLISIS FÍSICOS-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO.



REPORTE DE RESULTADOS N° 231411

Fecha de emisión: 28 de febrero de 2025	Código de la muestra: 231411
Solicitante: EMPRESA COMUNITARIA DE EL CARMEN Y GUAMALITO ADMINISTRACION PUBLICA COOPERATIVA	
Dirección: Parque principal El Carmen	
Muestra: AGUA CRUDA QUEBRADA LA ESPERANZA	
Fecha de muestreo: 30 de enero de 2025	Matriz: Agua superficial
Fecha de recepción: 31 de enero de 2025	Responsable de muestreo: SOLICITANTE
Envase o empaque: Plástico / vidrio	Procedimiento de muestreo: SOLICITANTE
Tipo de muestreo: Puntual	Tamaño de la muestra: 16250 ml
Condiciones de recepción de la muestra: Refrigeradas	Plan de muestreo: //
Observaciones: //	

ANÁLISIS DE LABORATORIO				
FECHA DE ANÁLISIS	VARIABLE	MÉTODO	RESULTADOS	UNIDADES
02/02/2025	ALCALINIDAD TOTAL [A]	SM 2320 B	101	mg CaCO ₃ /L
CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S]				
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] 3-HIDROXY-CARBOFURAN	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] ALDICARB	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] ALDICARB SULFONE	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] ALDICARB SULFOXIDE	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] CARBARYL	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] CARBOFURAN	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] METHIOCARB	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] METHOMYL	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
20/02/2025	CARBAMATOS (VER ANEXO) [A] [S] OXAMYL	HPLC - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY USEPA, 531.1, 531.2 (2001)	< 0,001	mg/L
Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.				
Código	R - PSA- 008	Versión	0.4	Fecha
				10/02/2020
			Página	1 de 5

Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero - Energética y el Medio Ambiente.

www.siana.co

Carrera 24 No. 36 - 11. Teléfonos +57 607 634 80 00 Celular 318 707 0821 Bucaramanga - Colombia. info@siana.co

ANEXO 5. INFORMACIÓN RECOLECTADA A TRAVÉS DE LAS ENCUESTAS A LOS PROPIETARIOS DE LOS PREDIOS ALEDAÑOS A LA CAPTACIÓN.

Predio N°	Nombre del predio	Propietario / Administrador	Coordenadas geográficas	
			latitud	longitud
1	Finca el Porvenir	Benjamin Alvernia	8,57067	73458396
2	Finca la Esperanza	Holger Pallares	8,57145	73459771
3	Finca Buenos Aires	wilson Alvarez	8,57078	73459932
4	Finca Campo Marta	Gabriel Lozano	8,57072	73459299
5	Finca la Esperanza	José Alonso Roperó	8,57062	73458773
6	Finca Los Pumarrosos	Abimael Rivera	8,57094	73457475
7	Finca los Corazones	Eulalio Pedroza	8,57039	73457936

Área (Has)	Elevación	Predio habitado (Sí/No)	N° de integrantes	Pozo séptico (Sí/No)	N° de trabajadores	Tipo de Cultivo
8	820 m	SI	3	SI	3	Cacao, aguacate, yuca, platano, maíz
6	700 m	SI	1	SI	1	NO
4	730 m	SI	1	SI	3	Frijol, aguacate, cacao, yuca, platano
6	800 m	SI	1	SI	1	NO
8	900 m	SI	1	NO	1	Frijol, maíz, café, yuca
5	1020 m	SI	1	SI	1	Cafe
6	1000 m	SI	2	SI	2	Aguacate, café, cacao

Agroquímicos Usados			Dosis	Frecuencia	N° de Ganado	Raza del Ganado	Observaciones
Insecticida	Herbicida	Fungicida					
NO	Glumazone, Glifosato	NO	80 gr por Bomba	Cuando se requiere	20	Cebu	2 nacimientos de agua, 3 hectáreas para reforestación
NO	NO	NO	NO	NO	10	Cebu	NO
Monitor	NO	oxicloruro, Manzate	A criterio del agricultor	Cuando se requiere	NO	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	20	Cruzado	NO
Lannate	glifosato	NO	20 cm por bomba	Cuando se requiere	96	Cebu	10 Hectáreas para reforestar, 7 nacederos de agua
NO	Glifocafe	NO	A criterio del agricultor	Cuando se requiere	20	Cebu	NO
NO	Glifocafe, glumazone	NO	20 cm por bomba	Cuando se requiere	30	Cebu	NO

ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Captación quebrada la esperanza registro fotográfico



Desarenador ubicado en quebrada la esperanza registro fotográfico.



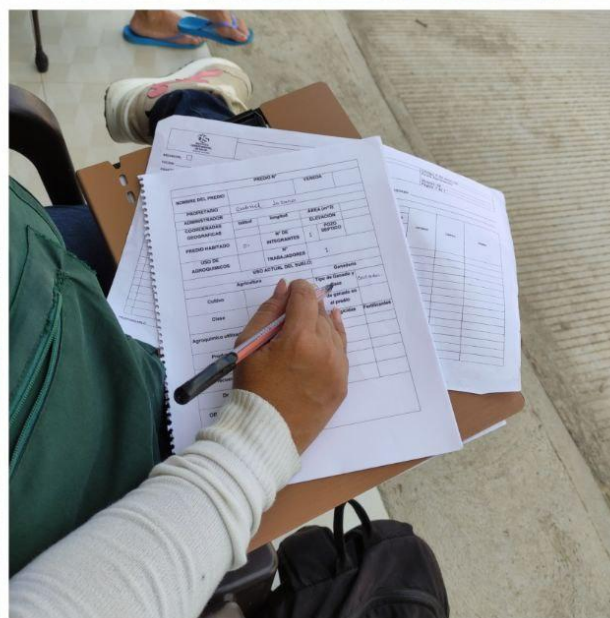
Área de estudio, fincas aledañas a la captación. Almacenamiento de agua debajo de la captación (A), cultivo finca aledaña (B), finca (C), quebrada la esperanza (D).



Recolección de las muestras de agua.



Preparación de las muestras para su posterior envío.



Propietarios de las fincas aledañas a la captación.