

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
(UTECO)

Universidad Patrimonio de la Comunidad



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Escuela de Geología

Proyecto de Grado para Optar por el Título de Ingeniero en Geología

TÍTULO:

**POTENCIAL HÍDRICO PARA EL ABASTECIMIENTO URBANO EN LA CUENCA
DE ZAMBRANA ABAJO, LA CABIRMA SÁNCHEZ RAMÍREZ**

SUSTENTADO POR:

Julissa Dariana Moya Bautista

Giomercy Fermin De la Rosa

Marleni Marte Polanco

Framelsi García José

ASESOR:

Ing. Abel de Jesús Mota

Cotuí, Prov. Sánchez Ramírez, República Dominicana
Año 2026

TÍTULO:
POTENCIAL HÍDRICO PARA EL ABASTECIMIENTO URBANO EN LA CUENCA
DE ZAMBRANA ABAJO, LA CABIRMA SÁNCHEZ RAMÍREZ

HOJA DE EVALUACIÓN

Título: Potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, la Cabirma Sánchez Ramírez

Sustentado por: Julissa Dariana Moya Bautista, Giomercy Fermin De la Rosa, Marleni Marte Polanco y Framelsi García José

Proyecto de Grado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) como requisito para obtener el título de Ingeniero en Geología

Ing. Abel de Jesús Mota

Profesor Asesor

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Miembro del Comité Evaluador

Ana Belky Gil Torres

Coordinador de la Escuela de Geología

Juan Antonio Graciano Domínguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Calificación: _____

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

En cumplimiento de los principios éticos que rigen la producción académica y con el propósito de garantizar la transparencia en la elaboración de este trabajo, Julissa Dariana Moya Bautista, Giomercy Fermin De la Rosa, Marleni Marte Polanco y Framelsi García José, declaramos bajo palabra de honor que el presente trabajo de investigación es fruto de nuestro esfuerzo personal y colectivo. Afirmamos que no hemos incurrido en plagio ni en el uso inadecuado de material ajeno, y que toda información consultada ha sido citada conforme a las normas académicas establecidas. Asumimos plena responsabilidad por el contenido del documento y damos fe de que su elaboración se realizó con integridad, ética y respeto a los principios que rigen la investigación académica.

ÍNDICE DE CONTENIDO

HOJA DE EVALUACIÓN.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
DEDICATORIA	xi
Resumen.....	xviii
CAPÍTULO1: DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO	1
1.1 Descripción del contexto del proyecto.....	1
1.2 Diagnóstico del estado actual.....	3
1.2.1 Objetivos del diagnóstico.....	3
1.2.2 Metodología	4
1.2.3 Presentación de los resultados	7
1.2.4 Análisis de los resultados.....	21
1.3 Descripción del problema específico a solucionar con el proyecto	24
1.4 Análisis del problema	25
1.5 Análisis de objetivos	28
1.6 Justificación del proyecto	29
1.7 Análisis de involucrados	30
CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA	31
2.1 Antecedentes	31
2.2 Marco Teórico.....	35
2.2.1 Disponibilidad de agua	35
2.2.1.1 Concepto de disponibilidad hídrica	36

2.2.1.2 Factores que afectan la disponibilidad de agua.....	37
2.2.1.3 Clima y variabilidad meteorológica.....	37
2.2.1.4 Topografía y tipo de suelo	38
2.2.1.5 Uso del suelo y cobertura vegetal	39
2.2.1.6 Disponibilidad hídrica en cuencas rurales	41
2.2.2 Calidad del agua.....	41
2.2.2.1 Concepto de calidad del agua	43
2.2.2.2 Contaminantes más comunes en aguas subterráneas	43
2.2.2.3 Indicadores de potabilidad y seguridad del agua	45
2.2.3 Infraestructura hídrica y abastecimiento urbano.....	46
2.2.3.1 Sistemas de abastecimiento de agua en áreas rurales y periurbanas.....	47
2.2.3.2 Pozos, acueductos y alternativas de suministro	48
2.2.3.3 Limitaciones de infraestructura en comunidades rurales.....	49
2.2.3.4 Planificación y gestión integral de recursos hídricos.....	49
2.2.4 Participación comunitaria y gestión del agua	50
2.2.4.1 Concepto de participación comunitaria en la gestión hídrica	50
2.2.4.2 Educación ambiental y sensibilización de la población.....	51
2.2.4.3 Programas de conservación y manejo sostenible del agua	51
2.3 Marco conceptual.....	52
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA SELECCIONADO.	55
3.1 Descripción de la Propuesta.....	55
3.2 Alcances y Límite	56
3.3 Objetivos.....	57
3.3.1 Objetivo general.....	57
3.3.2. Objetivos específicos	57

3.4 Plan de Acción	58
3.5 Cronograma de implementación	59
3.7 Programa de monitoreo	61
e) Resultados esperados	64
3.8 Análisis de factibilidad	64
3.9 Sostenibilidad.....	65
3.10 Monitoreo y seguimiento	66
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	67
Introducción	67
CAPÍTULO 5: CONSIDERACIONES FINALES	70
5.1 Conclusiones	70
5.2 Recomendaciones	71
Referencias bibliográficas.....	73
Anexos	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Edad de los participantes.....	7
Cuadro 2. Sexo de los participantes.....	8
Cuadro 3. Nivel educativo alcanzado	8
Cuadro 4. Ocupación	9
Cuadro 5. Tiempo de residencia en la comunidad	10
Cuadro 6. Fuente principal de agua	10
Cuadro 7. Frecuencia de disponibilidad de agua	11
Cuadro 8. Es suficiente tiempo para abastecerte	11
Cuadro 9. Uso principal del agua.....	12
Cuadro 10. ¿Considera que el agua es potable?.....	13
Cuadro 11. Problemas de salud asociados al agua.....	13
Cuadro 12. Tratamiento del agua antes de consumirla	14
Cuadro 13. Inventarios de pozos Zambrana Abajo-la Cabirma Cotuí.....	17
Cuadro 14. Resultados del análisis fisicoquímico de agua subterránea.....	18
Cuadro 15. Resultados del análisis microbiológico del agua	19
Cuadro 16. Árbol del problema	27
Cuadro 17. Análisis de objetivos	28
Cuadro 18. Análisis de involucrados	30
Cuadro 19. Análisis FODA.....	55
Cuadro 20. Plan de Acción	58
Cuadro 21. Cronograma de implementación	59
Cuadro 22. Presupuestos.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de Zambrana.....	2
Figura 2. Mapa de pozos de captación de aguas subterráneas para potencial hídrico para abastecimiento urbano de la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma, Sánchez Ramírez.	16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario aplicado a la comunidad
Anexo 2. Fotografía realizada en la zona de estudio
Anexo 3. Certificados de las pruebas de laboratorios

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser nuestra guía constante y fortaleza en cada etapa de este proceso. Gracias por permitirnos llegar hasta este momento tan significativo, que marca no solo el cierre de una etapa académica, sino también el inicio de una vida profesional construida con esfuerzo, fe y perseverancia.

A la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO), por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestra formación profesional y, además, por inculcarnos valores, compromiso, compañerismo y liderazgo que nos acompañarán a lo largo de la vida tanto en lo personal como en lo laboral.

A los maestros de la UTECO, por su entrega, paciencia y vocación de enseñanza. Gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, por guiarnos con dedicación y por contribuir de manera significativa a nuestra preparación como futuros profesionales.

A nuestro asesor Abel Mota, por brindarnos la oportunidad de recurrir a sus capacidades, habilidades y experiencia y permitirnos trabajar en un ambiente de confianza.

A Wener U. De la Cruz, Francisco Diplan y René González Ramírez por sus puntuales aclaraciones y disposición en guiarnos con mucho agrado a la hora de cualquier aclaración o duda. Dios les bendiga siempre y les llene de salud y bienestar.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta, dándome salud, valentía, fortaleza, sabiduría e inteligencia a lo largo de este camino. Sin su guía y amor infinito no habría tenido la fuerza necesaria para convertir este sueño en una realidad.

A mi madre, María Eusebia Bautista Morales, por ser mi mayor motivo y razón para seguir adelante. Gracias por tu amor incondicional, tu paciencia, tu sacrificio y por enseñarme con tu ejemplo a perseverar, a no rendirme y a confiar siempre en que con fe y esfuerzo todo es posible.

A mi padre, Darío Moya Sosa, por apoyarme, sostenerme y estar presente en cada etapa de este proceso. Gracias por tu comprensión, tus consejos y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles.

A Luis Campos Santos, por su apoyo, ayuda y palabras de aliento, las cuales fueron fundamentales para impulsarme a seguir adelante y no abandonar este camino.

A mis hermanos, Jhoanna Moya, Joel Moya y Junior Moya, por estar siempre ahí para mí, brindándome apoyo, cariño y ánimo constante durante todo este proceso académico.

A mis primas, Rocío, Eslayne y Rocely, por su apoyo, compañía y palabras de motivación, que de una u otra forma me ayudaron a seguir adelante y a no perder la confianza en mí misma.

A mi tía Rosanna, por su apoyo, consejos y preocupación constante, demostrando siempre su cariño y respaldo a lo largo de este camino.

A mi segunda madre, Ysa Reyes, por su amor, apoyo incondicional y por estar presente como un pilar fundamental en mi vida, brindándome fuerza, orientación y ánimo en todo momento.

Julissa Dariana Moya Bautista

DEDICATORIA

A Dios, por acompañarme incluso en los momentos de duda y cansancio. Cuando mis fuerzas flaquearon, Su presencia fue refugio, guía y fortaleza. Este logro es prueba de que, aún en medio de la incertidumbre, Dios permanece fiel y sostiene cada paso.

A mi madre, Gricelda De La Rosa R., mi mayor sostén y ejemplo de amor incondicional. Gracias por cada sacrificio, por tu paciencia y por creer en mí aun cuando dudé. Este logro también es reflejo de tu esfuerzo, tu fe y tu amor constante.

A mi abuela, Margarita Rondón, cuya presencia y enseñanzas siguen siendo parte esencial de mi vida. Su amor, sus valores y su ejemplo de fortaleza dejaron una huella profunda en mi formación personal y académica, y continúan guiándome en cada paso. Este logro también es reflejo de la motivación, el apoyo y la fe que siempre sembró en mí.

A mi familia y hermanos, **A Mercedes De la Rosa**, por el respaldo, el cariño y la motivación brindados durante este proceso. A mis hermanos, **Dayvelis M., Marleny M., Darlenny M. y Cristofer A.**, gracias por ser apoyo, compañía y refugio constante. Asimismo, agradezco a **Nazarío De la Rosa, Ricardit J. Yamiley V., Yasleen y Roy**, por el acompañamiento y las palabras de ánimo. Este logro también es de ustedes.

A mis amigos de toda la vida, **Yarabel Vásquez, Pamela Curiel y Samuel Quezada**, gracias por formar parte de mi historia; aunque el tiempo nos haya distanciado, el cariño permanece intacto. A mis amigos de la universidad, **Domarlyn Contrera, Jhan Luis Matías y Yojeiny García**, gracias por el apoyo, la compañía y las palabras de ánimo que hicieron este camino más llevadero.

A **Wandy De la Cruz**, gracias por la paciencia, el apoyo y el acompañamiento constante. Tu presencia fue un impulso importante para seguir adelante.

A los profesores **Octavio López, Ricardo R. Villafaña y Tabaré Mundaray**, por su dedicación, orientación y compromiso con mi formación. Sus enseñanzas y ejemplo contribuyeron de manera significativa a mi crecimiento académico y profesional. Fue un honor a ver sido su estudiante.

A **mí misma**, por no rendirme cuando el cansancio pesó más que la motivación y las dudas intentaron apagar el propósito. Por la fortaleza que nació en los momentos más difíciles, por la paciencia para seguir aun cuando el camino parecía interminable y por la valentía de confiar en mí incluso cuando todo parecía incierto. Este logro es testimonio de crecimiento, resiliencia y amor propio; la prueba de que, aun con miedo y agotamiento, fui capaz de llegar hasta el final.

Giomermy Fermin De la Rosa

DEDICATORIA

En primer lugar, **a Dios** por permitirme llegar hasta aquí. El camino no fue fácil; estuvo lleno de obstáculos y dificultades, pero gracias a Su guía y fortaleza fue posible culminar este logro.

A mis padres, **Roselin Polanco y José Daniel Marte**, por nunca dejarme sola, por su amor incondicional y por apoyarme en cada paso de este proceso. Su confianza y respaldo han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mis hermanos, **Yarleny Marte y José Daniel Marte**, quienes sin saberlo han sido mi mayor motivación para seguir adelante y convertirme en un ejemplo para ellos. Como hermana mayor, siento el compromiso de demostrar que con esfuerzo y determinación los sueños se pueden cumplir.

A mi familia, Eduarda Polanco, Carmen Peña, Mariel Gil, Melania Marte y Aníbal Polanco, quienes de una u otra forma siempre me tendieron la mano, estuvieron pendientes de mí y me acompañaron durante este trayecto, brindándome apoyo y ánimo cuando más lo necesitaba.

A los amigos que la universidad me regaló: **Danilsa Cruz, Yojeini García, Ronald Ninól, Andioli Michell, Mariela Bautista y Diosneury Núñez**, quienes se convirtieron en parte de mi familia. Gracias por los buenos momentos, la compañía incondicional, los consejos y cada experiencia compartida; sin duda, fueron una parte importante de este camino.

A **Elpidio Moronta**, por estar siempre dispuesto a ayudar en todo momento para que este logro fuera posible. Gracias por su tiempo, dedicación y paciencia; no fue fácil, pero lo logramos.

A **ti, Alexis Gonzales**, quien aun con poco tiempo compartido ha sido un gran apoyo durante este proceso. Gracias por tu paciencia, tus palabras de aliento y por recordarme, en los momentos más difíciles, que soy capaz de lograr todo lo que me proponga.

Finalmente, me dedico este trabajo **a mí misma**, por la constancia, el esfuerzo y la fortaleza que me acompañaron durante todo este proceso; por no rendirme aun cuando las circunstancias fueron difíciles, por cada desvelo, cada duda y cada paso dado con determinación.

Marleni Marte Polanco

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme alcanzar esta meta, dándome salud, fortaleza, sabiduría e inteligencia durante todo este proceso. Sin Él nada de esto hubiera sido posible.

A mi madre, Maria Ysabel José Rodríguez, mi padre Luis Alberto García María, mi padre de crianza **Delvi Manuel Méndez Marte** y mis hermanos **Fraime García José y Derlisabeth María Méndez José**, Por su amor incondicional, paciencia y esfuerzo constante, por enseñarme con su ejemplo a no rendirme ante las adversidades y a confiar siempre en Dios.

A mi esposo, Lorenz Yerony Fabián Santos, por su apoyo incondicional, comprensión y acompañamiento en cada etapa desde que llegó a mi vida.

A mi tía madrina, **Ramona Durán, abuela Alicia Rodríguez**, mis suegros Margarita Santos y **Lorenzo Fabián y mi cuñada Dianelva Durán**. Por sus consejos, palabras de aliento y apoyo permanente, aun en la distancia, siendo un pilar fundamental para que hoy esta meta se haga realidad.

A mis demás familiares, que de una u otra forma estuvieron pendientes de mí durante todo este camino, brindándome apoyo y motivación para seguir adelante.

A mis amistades, por su cariño, ánimo y apoyo en los momentos difíciles, dándome fuerza y valentía para continuar.

Framelsi García José

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
FACULTAD DE INGENIERÍA Y RECURSOS NATURALES
Escuela de Geología



Título: Potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, la Cabirma Sánchez Ramírez

Sustentado por: Julissa Dariana Moya Bautista, Giomercy Fermin De la Rosa, Marleni Marte Polanco y Framelsi García José

Asesor: Abel de Jesús Mota

Resumen

La presente investigación está basada en potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, la Cabirma Sánchez Ramírez, la misma tuvo como objetivo general determinar el potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma Sánchez Ramírez, con la finalidad de realizar propuestas que contribuyan al abastecimiento de agua en la zona objeto de estudio. Se aplicó una encuesta y se tomaron diversas muestras del agua para determinar múltiples parámetros. Cabe señalar que en el análisis de las muestras evidenció que, aunque los parámetros físico-químicos como pH, TDS, nitratos, sulfatos y hierro se mantienen en niveles adecuados, existen deficiencias en la desinfección (cloro libre bajo) y en la carga microbiológica, que representan un riesgo para el consumo humano. Esto pone en evidencia la necesidad de mejorar los sistemas de tratamiento y fortalecer la infraestructura para proteger los recursos hídricos. Se evaluó la demanda actual en el uso del agua y características demográficas lo que permitió conocer la concentración de la demanda en consumo humano y saneamiento, así como también la estabilidad de la misma en función de la estructura etaria y ocupacional de la población. Por lo que la planificación hídrica asegura que los recursos puedan satisfacer de manera sostenible las necesidades presentes y futuras en la comunidad de Zambrana.

CAPÍTULO1: DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

1.1 Descripción del contexto del proyecto

La cuenca de Zambrana Abajo, ubicada en el distrito municipal La Cabirma, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana, es una región estratégica para el abastecimiento hídrico de las comunidades urbanas circundantes. Esta zona está formada por bosques y colinas bajas (Gómez C. , 2011).

Cuenta con una topografía diversa, lo que influye en la dinámica de corriente superficial y recarga de acuíferos. La altitud de la región ronda entre 0 y 800 metros por encima del nivel del mar, y los suelos son ligeramente predominantemente a moderadamente ácidos.

En otro orden aproximadamente el 42% de la superficie total de la zona está dedicada a actividades agrícolas, mientras que un 32% corresponde a áreas de vegetación.

Entre las principales actividades productivas de la región destacan la producción de cacao, pimienta, piña, plátanos, así como también la crianza de ganado vacuno, caprino y porcino.

Es de suma importancia resaltar que el abastecimiento urbano de agua en esta zona depende en su gran mayoría de fuentes subterráneas. Por lo que la disponibilidad y calidad del recurso hídrico se ven afectadas por factores como la variabilidad climática, la contaminación de fuentes de agua y la falta de infraestructura adecuada para la gestión del recurso hídrico (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD), 2020).

Zambrana es un distrito municipal que limita al norte con Cotuí, al sur con el municipio Yamasá, al este con el municipio Cevicos y al oeste con provincia Monseñor Nouel. En el mismo orden sus las coordenadas son las siguientes: Latitud; 18.95° N, Longitud: -70. 25o O y Altitud: 85 metros.



1.2 Diagnóstico del estado actual

El análisis del estado actual de la cuenca de Zambrana Abajo se orienta a examinar de forma global la disponibilidad del recurso hídrico y los factores que influyen en su uso para el suministro de agua en el ámbito urbano. A partir de este análisis, se evidenció una problemática principal que incide de manera directa en la población: la reducción gradual de la capacidad hídrica y las limitaciones para asegurar un abastecimiento continuo y adecuado.

Por lo que se puede decir que esta situación ligada a diferentes elementos aspectos, entre los que se resaltan el aumento el incremento sostenido de la demanda, el uso excesivo de los acuíferos locales, las modificaciones en los patrones climáticos y la gestión restringida de los recursos hídricos existentes. Con la finalidad de abordar de manera detallada la comprensión de esta situación, se tomó en cuenta los datos recolectados mediante el instrumento aplicado a los comunitarios perteneciente a la zona objeto de estudio, así como también las muestras tomadas de los pozos para realizar pruebas de laboratorio, complementada con fuentes documentales que guardan relación con la administración del agua en el área de estudio. Por lo que el análisis junto a las evidencias mencionadas anteriormente permite identificar que el sistema de abastecimiento de Zambrana, La Cabirma presenta una alta fragilidad, además la capacidad actual no resulta suficiente para satisfacer de manera efectiva las demandas actuales ni las proyecciones futuras de la comunidad.

1.2.1 Objetivos del diagnóstico

Con el propósito de analizar la situación vigente del área objeto de investigación, se establecieron los siguientes objetivos:

- Determinar los tipos de fuentes hídricas empleadas por la población, así como la periodicidad con que el recurso agua está disponible en el área de estudio.
- Evaluar la percepción de la comunidad sobre la calidad del agua y los problemas de salud asociados al consumo.
- Determinar los usos principales del agua en los hogares y actividades productivas.
- Analizar la participación comunitaria en acciones de conservación y manejo del agua.
- Reconocer los principales problemas que afectan el abastecimiento y proponer medidas de mejora sostenibles.

1.2.2 Metodología

Enfoque metodológico

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, al combinar estrategias cuantitativas y cualitativas. Desde el enfoque cuantitativo, el estudio se fundamentó en la recolección de información susceptible de medición, la cual fue analizada mediante técnicas estadísticas para verificar supuestos, reconocer patrones y respaldar interpretaciones de carácter teórico, por su parte, el enfoque cualitativo estuvo orientado a la obtención de datos no numéricos, con el fin de profundizar, complementar y clarificar los planteamientos de la investigación a través de procesos de análisis e interpretación contextualizada. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

Diseño y tipo de estudio

El diseño de este estudio es no experimental, ya que el fenómeno fue analizado en su contexto natural, sin manipulación de las variables, y la recolección de la información

se realizó en un único momento temporal. De acuerdo con Hernández et al. (2014), este tipo de diseño resulta fundamental para investigaciones de carácter descriptivo y correlacional, lo cual se corresponde con el propósito de examinar la situación actual de la calidad de los acuíferos.

Población y muestra

Población

El universo de la investigación estuvo constituido por los residentes del distrito municipal de Zambrana Abajo, localizado en el municipio de Cotuí, provincia Sánchez Ramírez. Conforme a la información demográfica más reciente proporcionada por la Oficina Nacional de Estadística a través del X Censo Nacional de Población y Vivienda 2022, dicha comunidad registra una población aproximada de 14,044 personas, integradas por hombres y mujeres de diferentes grupos etarios y realidades socioeconómicas (ONE, 2023). Esta cifra permitió delimitar con claridad el contexto poblacional del estudio y establecer una base confiable para el desarrollo de la investigación.

Muestra

Para el desarrollo del estudio se seleccionó una muestra integrada por 73 habitantes de Zambrana Abajo, escogidos mediante un muestreo no probabilístico de carácter intencional. La selección de los participantes se fundamentó en su vinculación directa con el fenómeno investigado y en su disposición para aportar información relevante, lo cual es coherente con investigaciones que priorizan el análisis profundo del contexto por encima de la generalización estadística (Hernández-Sampieri et al., 2014). Este procedimiento permitió recopilar datos pertinentes y alineados con los objetivos planteados.

Métodos y técnicas de recolección de datos

Se utilizó como método principal la encuesta estructurada, que permitió recolectar información directa de los habitantes, además se realizaron pruebas de laboratorios en diferentes pozos de abastecimientos, con la finalidad de conocer las características físico-química y microbiológica.

- Fuentes de agua y frecuencia de disponibilidad.
- Usos domésticos y productivos del agua.
- Calidad percibida y tratamiento del agua.
- Participación comunitaria y percepción sobre los problemas hídricos.
- La técnica consistió en cuestionarios aplicados de manera presencial, asegurando la comprensión de cada ítem por los participantes y la confidencialidad de sus respuestas.

Instrumentos de validez

Para la validación del instrumento se llevó a cabo por medio del juicio de varios expertos, así como también contando con la participación de especialistas en geología y en la gestión de los recursos hídricos, quienes analizaron la coherencia, claridad y relevancia de los ítems incluidos. A partir de las observaciones y sugerencias emitidas, se realizaron las modificaciones necesarias con el finalidad de fortalecer la confiabilidad de dicho instrumento (Creswell, 2014).

Procedimientos

El proceso desarrollado para la recolección y el análisis de la información se estructuró en varias fases consecutivas.

- Primero, se llevó a cabo la planificación del estudio, la cual incluyó la delimitación del objetivo del diagnóstico y la selección de la muestra de análisis.
- Luego, se procedió a aplicar el instrumento, mediante encuestas realizadas de manera presencial a los residentes previamente seleccionados.
- Después, las respuestas obtenidas fueron sistematizadas y registradas en una base de datos, con el propósito de facilitar su organización y posterior procesamiento.
- A continuación, se efectuó el análisis de los resultados, apoyado en la elaboración de tablas, representaciones gráficas y descripciones cuantitativas, lo que permitió interpretar los hallazgos y contrastarlos con antecedentes y estudios relacionados.
- Posteriormente, se procedió a tomar las muestras para enviarla al laboratorio.

Métodos y técnicas de análisis de datos

La información obtenida mediante el instrumento fue sometida a un proceso de sistematización y análisis descriptivo, apoyado en el uso de distribuciones porcentuales, registros de frecuencia. Este tratamiento permitió reconocer tendencias relacionadas con el uso del recurso hídrico, su nivel de disponibilidad y sus condiciones de calidad.

1.2.3 Presentación de los resultados

Cuadro 1. Edad de los participantes

Edad	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menos de 18 años	6	8%
18–30 años	22	30%
31–50 años	33	45%
Más de 50 años	12	17%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Para planificar y ejecutar acciones que respondan a las necesidades de cada grupo, es esencial conocer la distribución por edades en la zona de estudio, puesto que permite

diseñar estrategias adaptadas a las características y necesidades propias de cada etapa de la vida; como se evidencia en la tabla la muestra fue 73 personas analizadas, el grupo predominante es el de adultos de 31 a 50 años con un 45%, mientras que los menores de 18 años representan el 8%, y en conjunto, la población adulta alcanza un 62%, lo que implica gran parte de los habitantes de la comunidad se encuentra en una etapa de responsabilidades laborales, familiares y sociales.

Cuadro 2. Sexo de los participantes

Sexo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Masculino	27	37%
Femenino	46	63%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

El análisis de la variable sexo resulta fundamental en cualquier investigación, ya que contribuye a una comprensión más precisa de la estructura demográfica de la comunidad estudiada. En este caso, los resultados evidencian una mayor participación del sexo femenino, que representa el 63 % de la muestra, mientras que el 37 % corresponde al sexo masculino. Esta información resulta relevante para la formulación de estrategias diferenciadas que tomen en cuenta las particularidades de género en ámbitos como la educación, la salud, la participación social y el acceso a los recursos.

Cuadro 3. Nivel educativo alcanzado

Nivel educativo	Frecuencia	Porcentaje (%)
Ninguno	3	4%
Primaria	16	22%
Secundaria	31	42%
Técnico o universitario	23	32%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

En relación con el nivel educativo de una población es esencial para comprender sus capacidades, necesidades y posibilidades que tienen de desarrollo, en ese mismo tenor sirve para orientar y planificar programas que respondan a sus realidades, se observa que el 42% de los participantes cuenta con educación secundaria, un 32% posee formación técnica o universitaria, en tanto que el 22% ha alcanzado únicamente el nivel primario y tan solo el 4% no ha recibido educación formal, esto refleja que en la población predomina los de niveles educativos medios y superiores.

Cuadro 4. Ocupación

Ocupación	Frecuencia	Porcentaje (%)
Agricultor/a	19	26%
Comerciante	12	16%
Estudiante	19	26%
Ama de casa	16	22%
Otro	7	10%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Respecto al análisis de la ocupación de la población de la comunidad de Zambrana permite comprender las principales actividades económicas y sociales, así como las dinámicas y responsabilidades de cada grupo, en la muestra analizada, se observa que las ocupaciones que más destacan son agricultores y estudiantes, ambos con un 26%, luego le sigue amas de casa con un 22%, comerciantes con un 16% y un 10% dedicados a otras ocupaciones, esto refleja que refleja que la zona es mayoritariamente agrícola y que esta actividad constituye la base de la economía local, condicionando tanto la organización social como las oportunidades de desarrollo.

Cuadro 5. Tiempo de residencia en la comunidad

Tiempo de residencia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Menos de 1 año	4	5%
1–5 años	16	22%
Más de 5 años	53	73%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

En cuanto al tiempo de residencia de los habitantes de Zambrana Abajo resulta relevante ya que es posible comprender el entorno, lo que implica que es fundamental para la planificación de acciones adaptadas a sus necesidades, de acuerdo con la tabla 5, se observa que gran parte de los residentes tienen más de 5 años viviendo en la zona un 73%, esto evidencia un fuerte vínculo con el territorio y con sus dinámicas sociales y culturales, mientras que un 22% reside en el distrito municipal entre uno y cinco años y tan solo un 5% ha llegado hace menos de un año, mostrando la presencia de pobladores más recientes que podrían requerir estrategias de integración y adaptación.

Cuadro 6. Fuente principal de agua

Fuente de agua	Frecuencia	Porcentaje (%)
Pozo	73	100%
Río o arroyo		
Acueducto		
Camión cisterna		
Otro		
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

La Tabla 6 evidencia que la totalidad de la población de la cuenca de Zambrana Abajo depende exclusivamente de los pozos como fuente de abastecimiento de agua, situación que constituye un elemento clave para el análisis de la disponibilidad, la calidad y la sostenibilidad del recurso hídrico. Esta condición reduce las opciones de suministro y

aumenta la exposición de la comunidad a riesgos asociados con la contaminación o el agotamiento de los acuíferos. El hecho de que el 100 % de los habitantes utilice únicamente pozos, sin acceso a alternativas como ríos, sistemas de acueducto u otros mecanismos colectivos de almacenamiento, pone de manifiesto la necesidad de una gestión rigurosa y permanente de estas infraestructuras, a fin de asegurar un suministro de agua suficiente y en condiciones adecuadas para el consumo humano.

Cuadro 7. Frecuencia de disponibilidad de agua

Frecuencia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Todo el día	16	22%
Solo por horas	49	67%
Algunos días a la semana	8	11%
Escasamente		
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermin, Marte y García, 2025.

La frecuencia de disponibilidad de agua resulta un factor determinante para evaluar la eficiencia del abastecimiento en la cuenca de Zambrana Abajo, ya que permite identificar limitaciones en el acceso al recurso, según la información presentada en la tabla 7, el 67% de los encuestados expresaron que cuentan con agua únicamente por horas, mientras que un 22% dispone todo el día y solo un 11% tiene acceso al agua algunos días de la semana, lo que evidencia que la mayoría de la población enfrenta restricciones significativas en el suministro, estos datos permiten dimensionar los desafíos relacionados con la planificación hídrica, la implementación de sistemas de almacenamiento y distribución.

Cuadro 8. Es suficiente tiempo para abastecerte

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	24	33%
No	49	67%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

En relación a si es suficiente tiempo para abastecerse, conocer la suficiencia del abastecimiento de agua constituye un aspecto fundamental para evaluar la capacidad de los recursos hídricos de la cuenca, para satisfacer de manera adecuada las necesidades de la población, según los resultados de la encuesta, el 67% de las personas encuestadas consideran que el suministro no es suficiente, mientras que un 33% opinan que el abastecimiento sí cubre sus necesidades, lo que evidencia que una proporción significativa de la comunidad enfrenta limitaciones en el acceso al recurso.

Cuadro 9. Uso principal del agua

Uso	Frecuencia	Porcentaje (%)
Abastecimiento para consumo humano y suplir servicios de agua potable y saneamiento.	69	95%
Riego y usos agrarios.	4	5%
Generación hidroeléctrica.		
Usos industriales.		
Pesca y acuicultura.		
Usos recreativos.		
Navegación y transporte acuático.		
Otros usos y aprovechamientos.		
Total	73	100

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

El agua constituye un recurso esencial para la vida y el bienestar de los seres humano, siendo indispensable para satisfacer las necesidades básicas de las familias y garantizar condiciones adecuadas de salud e higiene, su uso dentro del hogar resulta particularmente relevante. Según los resultados presentados en la Tabla 9, el 95% de los hogares utiliza el agua principalmente para consumo humano y para garantizar servicios de agua potable y saneamiento y tan solo el 5% la destina a riego y actividades agrícolas, evidenciando que la mayor parte de la comunidad enfoca este recurso en cubrir necesidades domésticas.

Cuadro 10. ¿Considera que el agua es potable?

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Sí	9	12%
No	39	54%
A veces	25	34%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

En cuanto a la percepción de los habitantes, según los resultados de la encuesta, el 54% de los encuestados consideran que el agua no es potable, un 34% opinan que lo es solo en determinadas ocasiones y únicamente un 12% creen que el agua es completamente potable, lo que muestra gran preocupación por la calidad del suministro y la necesidad de implementar medidas que garanticen su seguridad y consumo adecuado. Esta percepción evidencia la importancia de reforzar programas de tratamiento, monitoreo y educación sobre el uso seguro del agua, así como de promover estrategias de protección de fuentes y concienciación comunitaria, con el fin de reducir riesgos para la salud y mejorar el bienestar de la población.

Cuadro 11. Problemas de salud asociados al agua

Categoría	Frecuencia	Porcentaje (%)
Enfermedades gastrointestinales (diarrea, vómitos, dolor abdominal)	2	3%
Enfermedades dérmicas o de la piel (hongos, irritaciones, alergias)	1	1%
Enfermedades parasitarias relacionadas con consumo o contacto con agua	1	1%
Síntomas inespecíficos vinculados al agua (fiebre, malestar general sin causa identificada)	1	2%

Hogares sin ningún problema de salud relacionado con el agua	68	93%
Total	73	100

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

El acceso a agua tratada constituye un factor crucial para garantizar la salud, la higiene y el bienestar de la población, dado que asegura que el recurso sea seguro para el consumo humano y reduce el riesgo de enfermedades relacionadas con contaminantes, los datos muestran que, aunque el 93% de los hogares no reporta problemas de salud asociados al agua, el 7% restante presenta diversas afecciones que evidencian la existencia de riesgos sanitarios puntuales dentro de la comunidad; entre estos casos se identifican enfermedades gastrointestinales (3%), seguidas de afecciones dérmicas (1%), enfermedades parasitarias (1%) y síntomas inespecíficos vinculados al agua (2%), lo que sugiere que ciertos hogares podrían estar expuestos a fuentes de agua de menor calidad, prácticas inadecuadas de almacenamiento o falta de tratamiento previo al consumo. Aunque los porcentajes corresponden a una minoría, su presencia revela una vulnerabilidad latente que merece atención, ya que estas condiciones podrían agravarse si no se fortalecen las medidas de control, educación y monitoreo de la calidad del agua en la cuenca, con el fin de garantizar un acceso seguro y reducir la incidencia de enfermedades vinculadas al recurso hídrico.

Cuadro 12. Tratamiento del agua antes de consumirla

Tratamiento	Frecuencia	Porcentaje (%)
Hervido	8	11%
Filtrado		
Clorado	41	56%
No hace nada	24	33%
Total	73	100%

Fuente: Moya, Fermin, Marte y García, 2025.

Analizar los métodos de tratamiento del agua empleados por la población es fundamental para comprender los niveles de seguridad en el consumo diario y los riesgos asociados a la ingestión de agua contaminada, así como para orientar estrategias de mejora en la potabilización y manejo del recurso; según se observa en la tabla 11, el 56% de los habitantes utiliza cloro como método de tratamiento, un 33% no aplica ningún tipo de tratamiento y un 11% opta por hervir el agua antes de consumirla, lo que evidencia que, aunque una parte de la población adopta medidas preventivas, una proporción significativa permanece expuesta a posibles contaminantes. Esta información permite identificar la necesidad de fortalecer programas de educación sobre prácticas seguras de tratamiento del agua, promover el acceso a métodos más eficientes y sostenibles, y garantizar que toda la comunidad disponga de un recurso hídrico seguro, contribuyendo así a la protección de la salud y al bienestar integral de los habitantes.

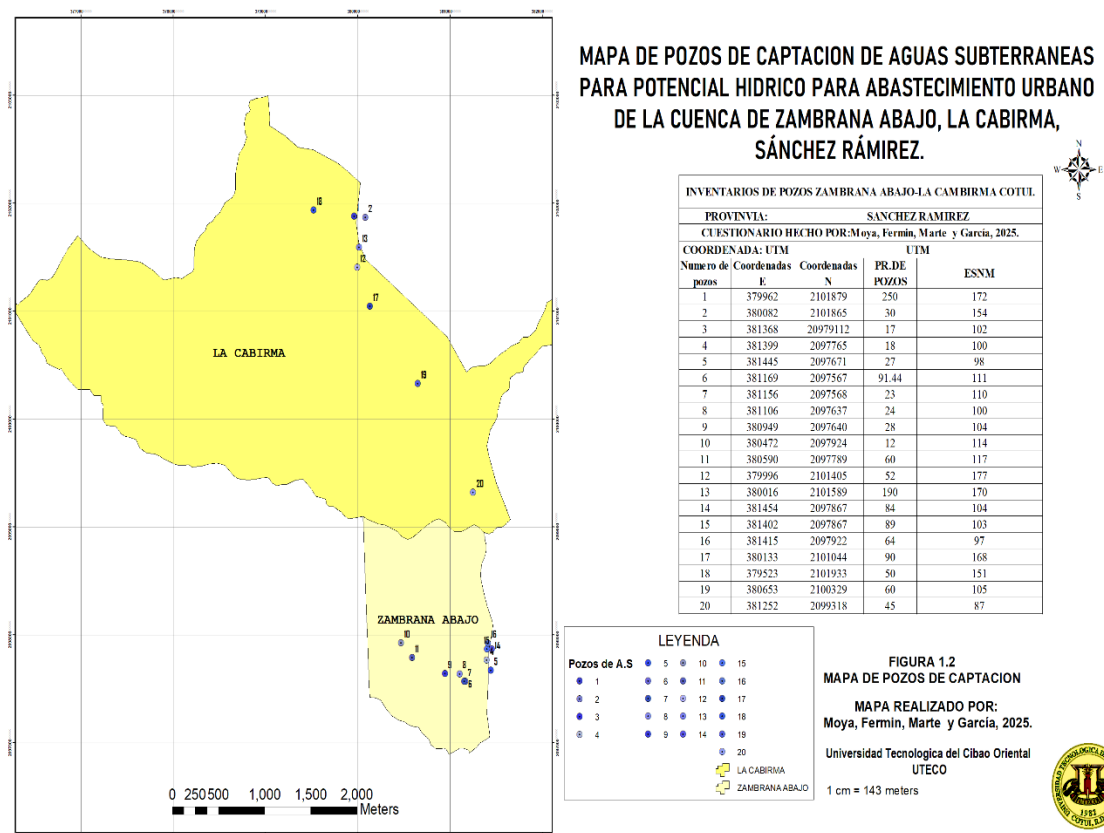


Figura 2. Mapa de pozos de captación de aguas subterráneas para potencial hídrico para abastecimiento urbano de la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma, Sánchez Ramírez.

Cuadro 13. Inventarios de pozos Zambrana Abajo-la Cabirma Cotuí.

INVENTARIOS DE POZOS ZAMBRANA ABAJO-LA CAMBIRMA COTUI.										
PROVINIA:		SANCHEZ RAMIREZ			CUESTIONARIO HECHO POR					
COORDENADA: UTM					SE HA SECADO ALGUNA VEZ					
Numro de pozos	Coordenadas E	Coordenadas	PR.DE POZOS	ESNM	SI	NO	Ph	Arroyo cercano	Fecha	Oxigeno
1	0379962	2101879	250m	172	X		6.86		13-10-25	7.46
2	0380082	2101865	30	154		X	7.08		13-10-25	6.67
3	0381368	20979112	17	102		X	6.83		13-10-25	6.53
4	0381399	2097765	18	100		X	6.83		13-10-25	6.14
5	0381445	2097671	27	98		X	6.82		13-10-25	5.91
6	0381169	2097567	91.44	111		X	6.58		13-10-25	7.02
7	0381156	2097568	23	110		X	6.17		13-10-25	4.99
8	0381106	2097637	24	100		X	7.51		13-10-25	5.12
9	0380949	2097640	28	104		X	6.77		13-10-25	4.92
10	0380472	2097924	12	114		X	6.56		13-10-25	4.98
11	0380590	2097789	60	117		X	6.57		13-10-25	7.33
12	0379996	2101405	52	177		X	6.38		13-10-25	6.83
13	0380016	2101589	190	170		X	6.36		13-10-25	4.34
14	0381454	2097867	84	104		X	5.56		11-10-25	6.26
15	0381402	2097867	89	103		X	6.29		11-10-25	6.99

Fuente: Moya, Fermin, Marte y García, 2025.

Cuadro 14. Resultados del análisis fisicoquímico de agua subterránea

Fecha de muestreo	pH	CE (µS/cm)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	CO ₃ (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	DT (mg/L)	Alc. (mg/L)	STD (mg/L)	RAS	Clase	Lugar y fuente
02/12/2025	8.80	386.00	18.43	5.58	62.01	0.00	122.00	77.53	58.20	100.00	193.00	3.53	C2S1	Pozo, El Lirio, Zambrana Abajo
02/12/2025	8.05	112.00	3.88	6.69	14.61	0.00	73.20	1.85	24.25	60.00	56.00	1.29	C1S1	Pozo, El Lirio, Zambrana
02/12/2025	7.98	274.00	17.46	2.23	40.77	0.00	122.00	18.46	48.50	100.00	137.00	2.54	C2S1	Tinaco, El Lirio, Zambrana Abajo
02/12/2025	7.71	507.00	32.98	4.46	74.22	0.00	109.80	118.14	92.15	90.00	254.00	3.36	C2S1	Tinaco, La Cabirma
02/12/2025	8.13	2,349.00	71.78	6.69	451.03	0.00	134.20	701.48	194.00	110.00	1,175.00	14.08	C4S2	Pozo, La Cabirma

Fuente: Moya, Fermín Marte y García, 2025.

Las primeras cuatro muestras de agua, provenientes de los pozos de El Lirio y Tinaco, presentan un pH ligeramente alcalino (7.71–8.80), conductividad eléctrica y sodio dentro de rangos seguros, calcio y magnesio que indican agua blanda a moderadamente dura, y sólidos disueltos aceptables. Los niveles de bicarbonatos y cloruros son moderados, lo que garantiza estabilidad química y buena potabilidad. Según la clasificación, estas aguas se encuentran en categorías C1S1 y C2S1, indicando calidad buena a moderada, aptas para consumo humano y riego agrícola sin riesgo significativo.

En contraste, la muestra del pozo La Cabirma presenta valores críticos: conductividad eléctrica (2,349 $\mu\text{S}/\text{cm}$), sodio (451.03 mg/L), cloruros (701.48 mg/L) y sólidos totales disueltos (1,175 mg/L) muy elevados, con dureza alta (194 mg/L) y RAS de 14.08, lo que clasifica el agua como C4S2, de mala calidad. Esta agua no es apta para consumo directo y solo podría emplearse para riego de cultivos tolerantes a sales o previo tratamiento de desalinización, ya que sus altos contenidos de sales y sodio representan riesgos para la salud y para infraestructura doméstica.

Cuadro 15. Resultados del análisis microbiológico del agua

Fecha de muestreo	Coliformes Totales (NMP/100 ml)	Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	Pseudomonas	Lugar y fuente
02/12/2025	17.00	11.00	Ausente	Pozo, El Lirio, Zambrana Abajo
02/12/2025	21.00	14.00	Presente	Pozo, El Lirio, Zambrana
02/12/2025	<1.8	<1.8	Ausente	Tinaco, El Lirio, Zambrana Abajo
02/12/2025	17.00	11.00	Presente	Tinaco, La Cabirma
02/12/2025	24.00	11.00	Presente	Pozo, La Cabirma

Fuente: Moya, Fermin Marte y García, 2025.

Las muestras de los pozos presentan variaciones en la presencia de microorganismos indicadores de contaminación. Los coliformes totales oscilan entre <1.8 y 24 NMP/100 ml, mientras que los coliformes fecales se encuentran entre <1.8 y 14 NMP/100 ml. La presencia de Pseudomonas se detecta en tres muestras, lo que indica riesgo potencial de contaminación y posible deterioro de la calidad del agua. En particular, los pozos de La Cabirma y el pozo El Lirio (Zambrana) muestran mayores niveles de coliformes totales

y fecales, lo que sugiere que estas fuentes requieren tratamiento o medidas de desinfección antes de su consumo. Por otro lado, el tinaco de El Lirio presenta niveles muy bajos (<1.8 NMP/100 ml) y ausencia de *Pseudomonas*, indicando buena calidad microbiológica en esta fuente.

1.2.4 Análisis de los resultados

La caracterización sociodemográfica de la población encuestada evidencia un predominio de personas adultas, destacándose el grupo etario comprendido entre los 31 y 50 años como el más representativo, con un 45 % del total. Le siguen los jóvenes de 18 a 30 años, quienes constituyen el 30 % de la muestra, mientras que los mayores de 50 años y los menores de 18 años presentan una menor participación, con 17 % y 8 %, respectivamente. En relación con la variable sexo, se observa una mayor representación femenina (63 %), lo cual puede asociarse al rol activo que desempeñan las mujeres en la gestión doméstica y el uso cotidiano del agua en el hogar.

En cuanto al nivel educativo, los resultados muestran que una proporción significativa de los participantes cuenta con estudios de nivel secundario (42 %) y técnico o universitario (32 %), lo que permite inferir una base formativa adecuada para la comprensión y adopción de prácticas orientadas al tratamiento, uso responsable y conservación del recurso hídrico. Respecto a la ocupación, las actividades más frecuentes corresponden a la agricultura y al estudio, ambas con un 26 %, seguidas por las labores del hogar (22 %) y el comercio (16 %). Asimismo, el tiempo de residencia refleja un fuerte arraigo comunitario, ya que el 73 % de los encuestados ha vivido en la zona por más de cinco años, lo que aporta solidez y experiencia acumulada a la información proporcionada sobre el uso y disponibilidad del agua.

Los resultados indican que la totalidad de la población depende exclusivamente de los pozos como fuente principal de abastecimiento, lo que evidencia una marcada dependencia del recurso hídrico subterráneo. Sin embargo, la continuidad del suministro presenta limitaciones, dado que el 67 % de los habitantes recibe agua únicamente por horas,

el 22 % dispone del servicio durante todo el día y el 11 % solo algunos días de la semana, situación que pone de manifiesto restricciones en la disponibilidad del recurso. En cuanto a los usos del agua, el 95 % se destina al consumo humano y a servicios relacionados con el abastecimiento y saneamiento, mientras que un 5 % se emplea en actividades agrícolas y de riego.

La percepción de la calidad del agua refleja cierta desconfianza por parte de la población, ya que el 54 % considera que el agua no es potable y el 34 % señala que solo lo es en determinadas ocasiones, frente a un 12 % que la percibe como apta para el consumo. Aunque únicamente un 7 % de los encuestados reportó problemas de salud asociados al consumo del agua, una parte importante de la población aplica algún tipo de tratamiento previo, destacándose la cloración (56 %) y el hervido (11 %), mientras que el 33 % no realiza ningún procedimiento, lo que evidencia una preocupación parcial respecto a la seguridad del recurso.

En relación con la suficiencia del abastecimiento, el 67 % de los participantes considera que el suministro no cubre adecuadamente sus necesidades. De igual manera, se constató una ausencia total de participación comunitaria en actividades orientadas a la conservación o gestión del agua, ya que el 100 % indicó no haber intervenido en iniciativas de este tipo. Entre los principales problemas identificados por la población se encuentran la escasez del recurso (44 %), la contaminación (34 %) y las deficiencias en infraestructura (22 %), lo que revela desafíos vinculados tanto a la cantidad como a la calidad y distribución del agua.

El análisis fisicoquímico de las muestras procedentes de los pozos de El Lirio y Tinaco indica que estas fuentes presentan condiciones adecuadas para el consumo humano

y el riego agrícola. Los resultados muestran valores de pH ligeramente alcalinos, comprendidos entre 7.71 y 8.80, así como niveles de conductividad eléctrica, sodio, calcio, magnesio y sólidos disueltos totales dentro de rangos aceptables, lo que clasifica estas aguas como blandas a moderadamente duras y químicamente estables. Los contenidos de bicarbonatos y cloruros se mantienen en niveles moderados, lo que favorece su potabilidad. En contraste, la muestra correspondiente al pozo La Cabirma presenta valores elevados de conductividad eléctrica, sodio, cloruros, sólidos disueltos totales y dureza, lo que permite clasificarla como agua de mala calidad (C4S2), no apta para el consumo directo y únicamente recomendable para riego de cultivos tolerantes a la salinidad o previa aplicación de tratamientos adecuados.

Desde el punto de vista microbiológico, se identifican diferencias relevantes entre las distintas fuentes analizadas. Los valores de coliformes totales y fecales oscilan entre <1.8 y 24 NMP/100 ml y entre <1.8 y 14 NMP/100 ml, respectivamente, mientras que la presencia de *Pseudomonas* fue detectada en tres de las muestras, lo que evidencia un riesgo potencial de contaminación microbiológica. Los pozos de La Cabirma y El Lirio (Zambrana) presentan las concentraciones más elevadas de estos microorganismos, lo que resalta la necesidad de aplicar procesos de desinfección antes del consumo humano. Por el contrario, el tinaco de El Lirio registra niveles muy bajos de coliformes y ausencia de *Pseudomonas*, lo que indica una mejor calidad microbiológica. En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto una variabilidad significativa en la calidad del agua dentro del área de estudio, subrayando la importancia de implementar un monitoreo continuo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para salvaguardar la salud de la población y garantizar un uso seguro del recurso hídrico.

1.3 Descripción del problema específico a solucionar con el proyecto

El acceso al agua potable y a un suministro confiable constituye un desafío persistente en muchas comunidades rurales y periurbanas de la República Dominicana. A pesar de los avances en cobertura nacional, la calidad, continuidad y gestión del agua presentan limitaciones importantes, especialmente en zonas que dependen de fuentes subterráneas, como es el caso de la cuenca de Zambrana Abajo (Naciones Unidas, 2019).

En esta cuenca, la totalidad de los hogares depende de pozos subterráneos como fuente principal de agua, lo que genera vulnerabilidad frente a la escasez, contaminación o variaciones climáticas. La disponibilidad limitada del recurso afecta las actividades domésticas y productivas de los habitantes, así como su bienestar general. Además, la percepción de la comunidad indica que el agua no siempre es potable, y una parte significativa de la población no realiza ningún tratamiento antes de su consumo, aumentando el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Otro aspecto crítico es la baja participación comunitaria en actividades de conservación y manejo del recurso hídrico, sumada a la insuficiencia de infraestructura para garantizar un suministro continuo. La combinación de estos factores disponibilidad irregular, calidad cuestionable, baja participación comunitaria y limitaciones estructurales genera un contexto de vulnerabilidad que requiere intervención integral.

El problema específico que este proyecto busca abordar es la necesidad de evaluar el potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo para garantizar un abastecimiento urbano sostenible y seguro, considerando la disponibilidad y calidad del recurso, la infraestructura existente y la gestión comunitaria. Esta evaluación permitirá generar

información científica y práctica que apoye la planificación, conservación y uso responsable del agua en la región, contribuyendo al desarrollo sostenible de la comunidad.

1.4 Análisis del problema

El acceso al agua potable y a un saneamiento adecuado constituye un desafío global persistente, especialmente en países en desarrollo. La República Dominicana, aunque presenta una cobertura de agua potable del 93% en áreas urbanas, enfrenta disparidades significativas en la calidad y continuidad del servicio, particularmente en zonas rurales y periurbanas (Naciones Unidas, 2019). A nivel nacional, el 84% de la población tiene acceso a fuentes de agua mejoradas; sin embargo, la calidad del agua y la infraestructura de saneamiento siguen siendo insuficientes, con solo el 54.4% utilizando servicios de saneamiento gestionados de manera segura (Naciones Unidas, 2019).

La gestión inadecuada del saneamiento es un desafío crítico para la disponibilidad de agua potable en la República Dominicana. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 3.600 millones de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento gestionados de manera segura, lo que afecta directamente la calidad del agua disponible (OMS, 2024). Esta situación se ve agravada por la escasez de agua en el país, considerada moderada, con una probabilidad del 20% de sequías en los próximos 10 años, riesgo que podría aumentar debido al cambio climático. Además, la contaminación de fuentes hídricas, como los acuíferos afectados por agroquímicos y la disposición inadecuada de residuos sólidos, contribuye significativamente a la disminución de la disponibilidad de agua segura para consumo humano (Pimentel, 2017).

A nivel local, en la cuenca de Zambrana Abajo, la situación se evidencia de manera crítica. La totalidad de los hogares depende exclusivamente de pozos subterráneos como fuente de agua, sin acceso a sistemas de distribución pública o acueductos. La mayoría de los hogares recibe agua solo por horas (67%), limitando su uso para consumo humano, higiene personal y cocina, mientras que actividades complementarias como lavado de ropa o riego se ven restringidas. La percepción sobre la calidad del agua indica que 54% de los habitantes considera que no es potable, y aunque algunos aplican tratamientos como clorado (56%) o hervido (11%), 33% no realiza ningún tratamiento, aumentando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Además, la participación comunitaria en actividades de conservación y manejo del recurso es prácticamente inexistente (100% no ha participado), mientras que los problemas más señalados por los habitantes son escasez (44%), contaminación (34%) y falta de infraestructura (22%).

La realización de este proyecto se fundamenta en la preocupación que existe en la cuenca de Zambrana Abajo por la escasa cobertura del sistema de abastecimiento de agua. Al no contar con un servicio público que garantice un suministro continuo, las familias dependen únicamente de pozos domésticos, lo que limita la disponibilidad del recurso y obliga a administrar el agua con cautela. A esta dificultad se suma la duda permanente sobre la calidad del agua que consumen, pues no existen mecanismos formales que aseguren su potabilidad ni estudios recientes que determinen la presencia de posibles contaminantes. Esta combinación de insuficiencia en el servicio e incertidumbre sanitaria crea un escenario de vulnerabilidad que hace necesario investigar el potencial hídrico de la zona y valorar la seguridad del recurso utilizado por la comunidad.

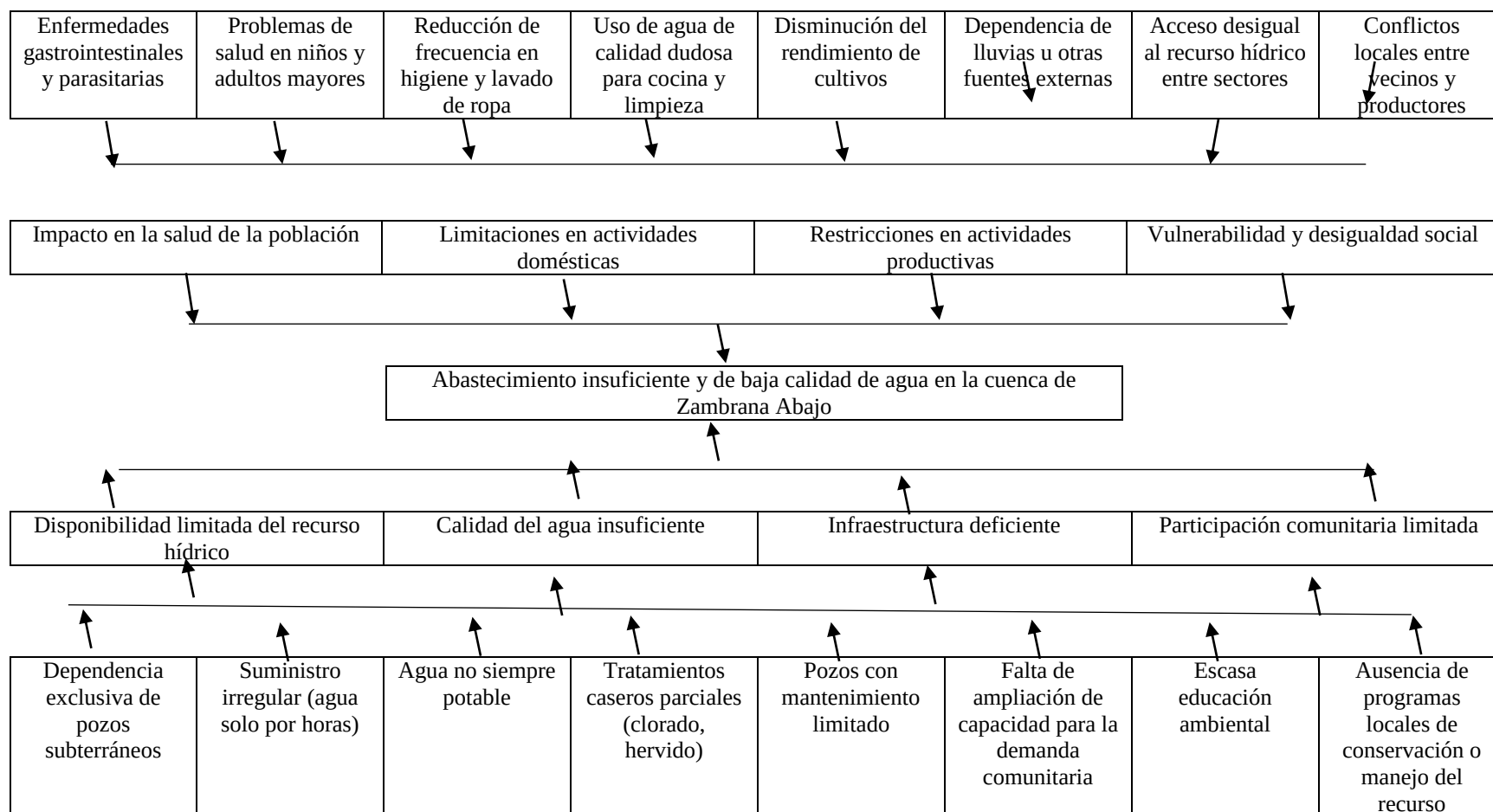
A partir de este contexto, surge la pregunta principal del proyecto: ¿Cuál es el potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo para garantizar un abastecimiento urbano sostenible y de calidad? Esta interrogante guía el estudio hacia la identificación de factores críticos que afectan la sostenibilidad del abastecimiento de agua, considerando tanto la disponibilidad y calidad del recurso como la infraestructura y la participación comunitaria en su manejo.

Para sistematizar la pregunta anterior se hará en base a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la disponibilidad actual de agua en los hogares de la cuenca de Zambrana Abajo?
- ¿Cuál es la calidad del agua que consumen los habitantes de la cuenca?
- ¿Cuáles son los principales problemas que afectan el abastecimiento de agua en la comunidad?
- ¿Cuál es el nivel de participación comunitaria en la conservación y manejo del recurso hídrico?
- ¿Qué medidas podrían implementarse para mejorar la disponibilidad, calidad y gestión del agua en la cuenca?

En la siguiente tabla se aborda el árbol del problema que es donde se muestran el problema principal, sus causas y consecuencia.

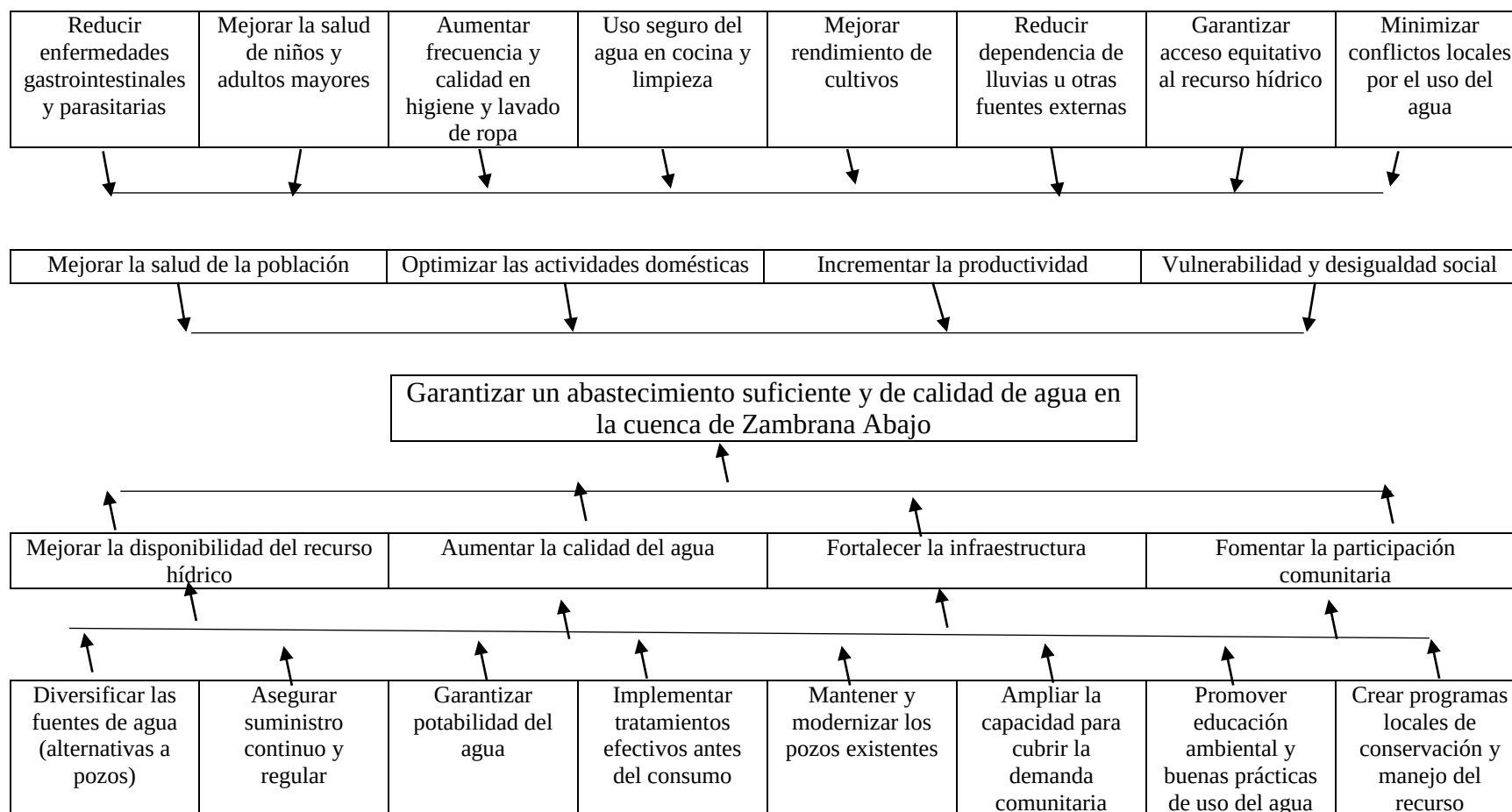
Cuadro 16. Árbol del problema



1.5 Análisis de objetivos

A continuación, se presenta árbol de objetivos, de donde se muestran el propósito, los resultados y los fines.

Cuadro 17. Análisis de objetivos



1.6 Justificación del proyecto

El acceso al agua potable y a un saneamiento adecuado es un derecho humano fundamental y una prioridad para el desarrollo sostenible. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017) ha destacado que el agua limpia y segura es esencial para la salud pública, la seguridad alimentaria y el bienestar general de las comunidades. Sin embargo, millones de personas en el mundo aún carecen de acceso a estos servicios básicos, especialmente en áreas rurales y periurbanas.

En el país, a pesar de que se han registrados importante expansión del acceso al agua potable, continúan manifestándose dificultades importantes en elementos como la calidad del servicio, la regularidad del suministro y la administración del recurso hídrico, especialmente en las comunidades rurales. La falta de agua, el deterioro de las fuentes y la falta de infraestructura dificultan el acceso a agua segura, además aumenta la vulnerabilidad de la población y repercuten de manera directa en las actividades del hogar y en los procesos productivos (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana, 2020).

En el ámbito local, especialmente en la cuenca de Zambrana Abajo, la situación resulta más preocupante. La zona depende casi en su totalidad de pozos de agua subterránea, caracterizados por un suministro irregular y limitado, mientras que la calidad del recurso no siempre reúne los criterios necesarios para su consumo seguro (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), 2021).

El proyecto se realiza con l finalidad de analizar el potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo, así como de reconocer los elementos que influyen en la disponibilidad

y en la calidad del recurso agua, con el objetivo de plantear alternativas de gestión que garanticen su aprovechamiento sostenible. Asimismo, el estudio generó información científica importante que sirvió de apoyo para la planeación de acciones locales de conservación, la optimización de la infraestructura existente y el fortalecimiento de la participación comunitaria en la gestión hídrica y de esta manera contribuir al bienestar de la población y al desarrollo sostenible de la zona.

1.7 Análisis de involucrados

Cuadro 18. Análisis de involucrados

Grupos de involucrados	Intereses	Problemas percibidos	Conflictos
Instituciones gubernamentales (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, INDRHI)	Gestión sostenible del agua, cumplimiento de políticas ambientales y de desarrollo	Escasez de datos actualizados, falta de coordinación interinstitucional, vulnerabilidad de los recursos hídricos frente a contaminación y cambio climático	Desalineación entre políticas nacionales y necesidades locales, dificultando la implementación de proyectos
Habitantes de la comunidad, líderes locales, juntas de vecinos	Acceso constante a agua potable, mejora de infraestructura, protección de la salud familiar y comunitaria	Suministro discontinuo, falta de potabilidad del agua, limitada participación en la gestión del recurso, escasa educación sobre conservación	Distribución insuficiente o desigual del agua, generando tensiones entre familias, vecinos y sectores productivos
Organizaciones externas (ONG, instituciones académicas, organismos internacionales)	Promover sostenibilidad, aportar conocimientos técnicos, fomentar buenas prácticas de gestión del agua	Falta de información local confiable, limitada integración de la comunidad en iniciativas de conservación	Diferencias en prioridades o enfoques con la comunidad local, requiriendo coordinación y comunicación efectiva

Fuente: Moya, Fermin, Marte y García, 2025.

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción

Este capítulo desarrolla una revisión de la literatura, la cual está orientada a comprender el potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo, a partir del análisis de investigaciones previas, enfoques teóricos y conceptos fundamentales vinculados con la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico.

2.1 Antecedentes

Antecedentes internacionales

En la investigación realizada por Pérez y Fernández (2017), titulada Monitoreo de la calidad del agua subterránea en zonas agrícolas de la Ciudad de México, se evidenció la presencia de contaminantes de origen biológico y químico en acuíferos destinados al consumo humano. Los hallazgos del estudio indican que la falta de tratamientos adecuados y de programas sistemáticos de monitoreo incrementa los riesgos sanitarios, lo que representa una problemática relevante para la salud pública y la planificación ambiental.

De igual manera, los autores destacaron que la implementación de políticas de gestión del recurso hídrico acompañadas de sistemas de control periódicos contribuye significativamente a la reducción de dichos riesgos y al fortalecimiento de la capacidad de respuesta institucional frente a situaciones de emergencia ambiental. En consecuencia, el estudio propone la adopción de acciones preventivas y correctivas que articulen el conocimiento técnico-científico con la participación activa de la comunidad, orientadas a promover un uso sostenible del agua.

Según García y Rodríguez (2018), en su estudio Planificación y disponibilidad de

recursos hídricos en cuencas rurales realizado en La Habana, Cuba, se analizó la influencia de factores como la topografía, la cobertura vegetal y el uso del suelo sobre la disponibilidad del agua. Enfatizaron que una planificación adecuada de las cuencas resulta esencial para garantizar el suministro destinado al consumo humano, la agricultura y otras actividades productivas, particularmente en comunidades con infraestructura limitada. Asimismo, destacaron que la cooperación entre las autoridades locales y las poblaciones rurales constituye un elemento clave para alcanzar una gestión del recurso hídrico eficaz y sostenible.

Según Hernández, López y Pérez (2019), en su estudio titulado gestión sostenible del agua en zonas periurbanas, Bogotá, Colombia, donde se constató que la planificación integral y la participación comunitaria son factores determinantes para garantizar la sostenibilidad del abastecimiento urbano.

Así también propusieron políticas que integren soluciones técnicas con participación social, fortaleciendo la colaboración entre gobierno y comunidad para mejorar la eficiencia del suministro.

Según Torres y Gómez (2021), en su estudio que llevó por nombre participación comunitaria en la gestión del agua urbana, Lima, Perú, se demostró que la educación ambiental y la involucración activa de la comunidad incrementan la sostenibilidad del abastecimiento urbano. En el mismo orden los sustentantes señalaron que la gestión del agua no puede depender únicamente de la infraestructura, sino que requiere la colaboración y el compromiso de los usuarios para preservar la calidad y disponibilidad del recurso.

De acuerdo con Ramos, Delgado y Morales (2022), en su estudio titulado

potencial hídrico en cuencas rurales de Nicaragua, Managua, Nicaragua, se determinó que la fusión de estudios hidrogeológicos con educación ambiental mejora tanto la disponibilidad como la calidad del agua en comunidades rurales. También resaltaron que un análisis técnico, complementado con la sensibilización de la población, permite implementar estrategias más efectivas para la protección de los acuíferos y el suministro sostenible del recurso.

Asimismo, destacaron que políticas locales integrales, que incluyan infraestructura adecuada y participación comunitaria, fortalecen la gestión hídrica y reducen la vulnerabilidad frente a sequías o contaminación. El estudio concluye que la coordinación entre autoridades y comunidades es fundamental para garantizar un abastecimiento confiable y seguro.

Antecedentes nacionales

Según López y Morales (2016), publicaron su estudio titulado disponibilidad de agua en comunidades rurales del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, en el mismo se identificó que aspectos como la topografía, el tipo de suelo y la cobertura vegetal influyen directamente en la recarga de los acuíferos. Los sustentantes señalaron que, en áreas rurales, la planificación de cuencas y la conservación del entorno natural son esenciales para garantizar la disponibilidad continua de agua, específicamente para consumo humano y actividades productivas.

Asimismo, destacaron que la ejecución de estrategias de gestión integrada, que combinen infraestructura, educación ambiental y participación comunitaria, permite enfrentar las dificultades de la escasez hídrica. De tal forma, el estudio señala que una gestión adaptativa y localizada puede reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales

ante la variabilidad climática y la sobreexplotación de los recursos subterráneos.

Martínez y Santos (2020), en su investigación sobre el abastecimiento de agua en comunidades rurales de Santiago, República Dominicana, analizaron cómo la dependencia de pozos subterráneos y las deficiencias en infraestructura generan un suministro irregular que afecta tanto las tareas domésticas como las actividades productivas. Los resultados de la investigación indicaron que la falta de continuidad en el servicio hídrico puede impactar negativamente en la salud y la economía local, aumentando la vulnerabilidad de la población ante sequías o situaciones de emergencia.

Además, los investigadores resaltan que garantizar la continuidad del abastecimiento requiere mejorar la infraestructura existente y planificar de manera estratégica. Señalan también la necesidad de combinar programas educativos sobre uso eficiente del agua con la participación activa de la comunidad, promoviendo así un manejo sostenible y seguro del recurso a largo plazo.

Según Gómez y Torres (2020), en su estudio sobre los efectos de la escasez de agua en comunidades rurales del Caribe, realizado en Santo Domingo, República Dominicana, se evidenció que la falta de acceso continuo al recurso hídrico limita tanto las labores agrícolas como las actividades del hogar. Cabe resaltar que, en estas zonas, la insuficiencia de agua no solo reduce la productividad, sino que también afecta la calidad de vida de los residentes, generando un ciclo de vulnerabilidad que requiere ser abordado mediante políticas públicas integrales y estratégicas.

Según López, Sánchez y Martínez (2023), en su investigación titulada calidad del agua de pozos rurales, Cotuí, República Dominicana, se identificaron deficiencias en la potabilidad del agua subterránea, con presencia de contaminantes que representan riesgos

para la salud de la población. Asimismo, los investigadores hicieron énfasis en que la falta de tratamientos adecuados y el deterioro de la infraestructura son factores críticos que limitan el acceso a agua segura, especialmente en comunidades rurales con recursos limitados.

De acuerdo con Ramírez y Pérez (2023), en su artículo *Infraestructura hídrica y abastecimiento en comunidades rurales del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana*, se indicó que la carencia de infraestructura adecuada limita la disponibilidad continua de agua. Además, resaltaron que los problemas de suministro generan dificultades para las actividades domésticas y productivas, afectando la calidad de vida de los comunitarios.

Según Sánchez y Ramírez (2023), en su estudio que trató sobre la evaluación del potencial hídrico en la cuenca de Zambrana Abajo, Cotuí, República Dominicana, se determinó una fuerte dependencia de pozos subterráneos, suministro irregular de agua y baja participación comunitaria en la gestión de recursos hídricos. Por lo anterior, se enfatizó en que estas condiciones generan vulnerabilidad frente a la escasez y comprometen la sostenibilidad del abastecimiento urbano en la zona.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Disponibilidad de agua

La disponibilidad de recursos hídricos es un elemento clave para garantizar el desarrollo sostenible de cualquier territorio, ya que influye directamente en la capacidad de las cuencas para satisfacer las necesidades de la población, la producción agrícola, las actividades industriales y la conservación de los ecosistemas. Analizar este recurso no solo permite estimar la cantidad de agua disponible, sino también identificar zonas

vulnerables y formular políticas de gestión que reduzcan los impactos asociados a fenómenos climáticos extremos, como sequías prolongadas o inundaciones severas (García et al., 2020).

La disponibilidad de agua no se determina únicamente por los volúmenes presentes en ríos, embalses o acuíferos, sino que también está condicionada por factores complementarios como la calidad del recurso, su distribución en el tiempo y el espacio, así como la capacidad de las infraestructuras para captarlo, almacenarlo y distribuirlo. Por ello, evaluar la disponibilidad hídrica resulta esencial para la elaboración de políticas públicas orientadas a la gestión ambiental y para garantizar la seguridad del agua en áreas rurales y urbanas, especialmente en regiones como el Caribe, donde los recursos son limitados y la variabilidad climática representa un desafío significativo (Crespo & Torres, 2021).

2.2.1.1 Concepto de disponibilidad hídrica

Según Crespo y Torres (2021), la disponibilidad hídrica se define como la cantidad de agua accesible para satisfacer las necesidades humanas, económicas y ambientales, considerando tanto las fuentes superficiales como las subterráneas. Este concepto requiere una evaluación integral que contemple aspectos físicos, como el volumen disponible y la recarga de los acuíferos, junto con factores socioeconómicos, tales como el acceso de la población al recurso y la capacidad de las instituciones para su gestión.

Asimismo, la disponibilidad de agua es dinámica, ya que puede presentar variaciones estacionales y verse influenciada por fenómenos naturales, como sequías o lluvias extremas, así como por actividades humanas, incluyendo la deforestación, la

contaminación y el uso intensivo del recurso en la agricultura e industria (López et al., 2021).

2.2.1.2 Factores que afectan la disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua no se restringe únicamente a la existencia física del recurso, sino que está determinada por una serie de factores interrelacionados que afectan tanto su cantidad como su calidad. Entre estos se incluyen condiciones climáticas, características topográficas, tipo de suelo, cobertura vegetal, uso del suelo y la gestión de la infraestructura hidráulica (Gutiérrez, López, & Martínez, 2021).

Los cambios en la cobertura vegetal, como la deforestación o la degradación de bosques, disminuyen la infiltración del agua en el suelo, incrementan la escorrentía superficial y provocan procesos de erosión, afectando directamente la recarga de acuíferos y la estabilidad de los ecosistemas hídricos (Martínez, Gómez, & Sánchez, Efectos de la deforestación en la recarga de acuíferos y la escorrentía superficial, 2020). Del mismo modo, el crecimiento urbano que no se acompaña de una planificación adecuada de los recursos hídricos puede generar un incremento en la demanda de agua y la contaminación de las fuentes naturales, poniendo en riesgo la disponibilidad futura del recurso (Pérez & Torres, 2019).

2.2.1.3 Clima y variabilidad meteorológica

El clima y la variabilidad meteorológica representan factores determinantes para la disponibilidad de agua en cualquier territorio, ya que afectan directamente los procesos de recarga de cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos. Aspectos como las precipitaciones, la temperatura, la evapotranspiración y la ocurrencia de eventos climáticos extremos, incluyendo huracanes y tormentas tropicales, son fundamentales

para regular el ciclo hidrológico y mantener la estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Gómez & Fernández, 2021).

Además, la variabilidad meteorológica no solo afecta la cantidad de agua disponible, sino también su calidad. Los episodios de lluvias intensas pueden arrastrar contaminantes y sedimentos hacia ríos, lagunas y acuíferos, alterando la composición química y microbiológica del recurso. Esta situación se agrava en áreas rurales del Caribe donde la infraestructura de captación y almacenamiento es limitada, aumentando la vulnerabilidad de las comunidades al acceso irregular de agua potable (Pérez et al., 2020).

Por ello, administrar de manera efectiva los recursos hídricos en estas zonas requiere implementar sistemas de monitoreo climático, diseñar estrategias de almacenamiento y planificar reservas estratégicas que garanticen el abastecimiento durante todo el año. Asimismo, resulta esencial adoptar medidas de mitigación frente a fenómenos extremos y promover la educación comunitaria sobre el uso responsable del agua, asegurando tanto la sostenibilidad del recurso como la protección de los ecosistemas asociados (Crespo & Torres, 2021).

2.2.1.4 Topografía y tipo de suelo

La topografía y el tipo de suelo desempeñan un papel fundamental en la disponibilidad de agua dentro de una cuenca hidrográfica, al influir directamente en cómo se produce la infiltración, el almacenamiento y la escorrentía. En zonas montañosas con fuertes pendientes, el agua superficial se desplaza rápidamente hacia ríos y quebradas, limitando su infiltración y disminuyendo la recarga de los acuíferos. Por el contrario, los suelos porosos con alta capacidad de retención permiten la acumulación del agua, favoreciendo su disponibilidad a mediano y largo plazo y apoyando la sostenibilidad de

los ecosistemas que dependen de este recurso (Gutiérrez, López, & Martínez, 2021).

En República Dominicana, la relación entre la topografía y las características del suelo se refleja claramente en varias regiones del territorio. Las cuencas localizadas en zonas montañosas del interior presentan limitaciones para la retención de agua, dado que gran parte de la precipitación se desplaza rápidamente hacia los ríos, provocando escorrentías intensas y reduciendo la recarga de los acuíferos. En cambio, las llanuras y áreas con suelos de textura arcillosa o franco-arcillosa permiten un mayor almacenamiento del recurso, favoreciendo la estabilidad de los niveles de agua en ríos y pozos durante largos periodos secos (Pérez & Morales, 2020).

De igual manera, la forma del terreno y las condiciones del suelo influyen de manera decisiva en cómo se almacena y se desplaza el agua dentro de una cuenca, lo que determina no solo la cantidad disponible, sino también las posibilidades reales de uso en actividades agrícolas, urbanas y productivas. Esta relación incide en la capacidad del sistema territorial para afrontar periodos prolongados de escasez y para reducir los efectos adversos de eventos climáticos intensos, como lluvias fuertes que favorecen la erosión y el deterioro de la fertilidad del suelo. Por esta razón, la gestión del recurso hídrico debe apoyarse en un enfoque integral que considere el análisis del territorio y del suelo, con el fin de mejorar las estrategias de captación, almacenamiento y aprovechamiento sostenible del agua. (Ramírez & Sánchez, 2021).

2.2.1.5 Uso del suelo y cobertura vegetal

Las formas de ocupación del territorio y la presencia de cobertura vegetal constituyen elementos determinantes en el comportamiento hidrológico de una cuenca. El destino que se da al suelo ya sea con fines agrícolas, pecuarios o urbanos, así como las

características y extensión de la vegetación, condicionan los procesos de infiltración, la recarga de los sistemas acuíferos y el control de la escorrentía superficial, influyendo directamente en la cantidad y calidad del recurso hídrico (Pérez & Santana, 2020). En territorios afectados por procesos como la tala extensiva, el crecimiento urbano sin planificación o el uso intensivo del suelo con fines agrícolas, se produce un incremento de la escorrentía superficial, acompañado de degradación del suelo y una reducción de los mecanismos naturales de retención hídrica. Esta situación impacta de forma directa en la disponibilidad de agua tanto para los ecosistemas como para las comunidades que dependen de ella.

En contraste, la conservación de áreas boscosas, humedales, franjas ribereñas y vegetación autóctona favorece el equilibrio de los procesos hidrológicos. La cobertura vegetal cumple una función reguladora al moderar el desplazamiento del agua, promover la infiltración hacia los acuíferos, disminuir el arrastre de sedimentos y nutrientes, y reducir la exposición de los cuerpos de agua a fuentes de contaminación superficial. (Martínez & López, 2021). En el contexto caribeño, donde numerosas comunidades rurales dependen directamente de fuentes hídricas naturales como manantiales, ríos y pozos para sus actividades cotidianas y productivas, el manejo adecuado del territorio adquiere un papel esencial. La administración responsable del suelo y de la cobertura vegetal no solo favorece la permanencia del recurso hídrico en el tiempo, sino que también contribuye a disminuir la vulnerabilidad frente a sequías prolongadas, eventos de lluvias intensas y cambios climáticos extremos.

Desde esta perspectiva, la gestión ambiental y la planificación del espacio deben incorporar enfoques orientados a la protección de la vegetación y a formas de uso del

suelo compatibles con la sostenibilidad del agua. Iniciativas como la restauración de áreas degradadas, el fortalecimiento de conectividad ecológica y la aplicación de prácticas agrícolas menos agresivas resultan fundamentales para mejorar la capacidad de retención y preservar la calidad del recurso hídrico, reforzando así la resiliencia de las cuencas ante condiciones climáticas desfavorables. (Rodríguez & Fernández, 2022).

2.2.1.6 Disponibilidad hídrica en cuencas rurales

En las cuencas de carácter rural del Caribe, la oferta de agua está condicionada tanto por procesos naturales como por las intervenciones derivadas de las actividades humanas. La posibilidad de atender la demanda hídrica de las comunidades locales se ve influida por una interacción dinámica entre los patrones de precipitación, las propiedades del suelo, la presencia y estado de la cobertura vegetal, así como por la infraestructura destinada a la captación y almacenamiento del recurso, entre la que se incluyen represas, embalses, pozos y sistemas de retención de menor escala. (Martínez & Rodríguez, 2022).

Asimismo, las poblaciones rurales se enfrentan a limitaciones importantes asociadas a la escasez de recursos técnicos y financieros, lo que restringe el desarrollo y la operación de sistemas adecuados para la captación, el almacenamiento y la distribución del agua (Gutiérrez et al., 2021).

2.2.2 Calidad del agua

La calidad del agua representa un componente esencial para el desarrollo sostenible de las comunidades y la protección de los ecosistemas, ya que define su aptitud para múltiples usos, incluyendo el consumo humano, la agricultura, la ganadería y la industria (García y Morales, 2021). Este concepto no se limita a aspectos superficiales como el color o el sabor del agua, sino que requiere un análisis completo de sus

propiedades físicas, químicas y biológicas, así como la evaluación de su capacidad para evitar riesgos sanitarios y minimizar impactos negativos sobre el entorno ambiental.

De acuerdo con López y Fernández (2020), la calidad del agua se entiende como el estado en que se encuentra este recurso en función de los criterios y normativas definidos por entidades nacionales e internacionales, los cuales varían según el uso previsto. Dichos criterios contemplan valores máximos aceptables de sustancias contaminantes, condiciones de potabilidad, concentraciones de nutrientes y la posible presencia de organismos patógenos. En este sentido, el análisis de la calidad del agua requiere la detección y evaluación de compuestos químicos como nitratos, plaguicidas, metales pesados y sustancias orgánicas, así como de agentes biológicos, entre ellos bacterias, virus y protozoos, que pueden representar riesgos para la salud humana o afectar el rendimiento de las actividades agrícolas

En los contextos rurales del Caribe, donde una gran parte de la población obtiene el agua a partir de fuentes cercanas como pozos, manantiales y represas de pequeña escala, el monitoreo de la calidad del recurso hídrico resulta particularmente importante. Según Pérez y Santana (2020), la exposición de estas fuentes hídricas a procesos de deterioro aumenta como resultado de prácticas como la intensificación del uso del suelo, la cercanía de actividades agrícolas, la pérdida de cobertura forestal y la inexistencia de sistemas adecuados para el tratamiento del agua. Estas circunstancias favorecen la aparición de distintos tipos de contaminación, tanto concentrada como dispersa, lo que compromete no solo la disponibilidad del recurso, sino también su calidad para el consumo. A ello se suma la escasa frecuencia de controles y la limitada infraestructura destinada a la potabilización, factores que incrementan el riesgo de afectaciones a la salud pública,

manifestadas en enfermedades de origen hídrico como trastornos gastrointestinales, hepatitis y episodios diarreicos.

De igual manera, el estado del agua guarda una relación directa con la sostenibilidad ambiental y la capacidad de respuesta de los ecosistemas acuáticos frente a las presiones externas. Las modificaciones en sus características físicas, químicas y biológicas pueden generar impactos negativos sobre la diversidad de organismos acuáticos, el rendimiento de los suelos agrícolas y la disponibilidad futura del recurso. En consecuencia, comprender la calidad del agua desde una perspectiva integral resulta esencial para orientar la formulación de políticas públicas, la planificación de acciones de gestión hídrica y los procesos de educación comunitaria enfocados en el uso responsable del agua. (Martínez & Rodríguez, 2022).

2.2.2.1 Concepto de calidad del agua

De acuerdo con López y Ramírez (2020), la calidad del agua se comprende como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que permiten determinar la idoneidad del recurso para distintos usos, tales como el consumo humano, la agricultura, la ganadería o la industria. Entre estas características se incluyen parámetros esenciales como la concentración de sólidos disueltos, la presencia de microorganismos patógenos, el pH, la turbidez, los niveles de oxígeno disuelto y la cantidad de nutrientes disponibles. Además, la evaluación de la calidad del agua no se limita únicamente a la medición de estos indicadores; es necesario interpretar los resultados considerando el contexto ambiental, social y económico de la región.

2.2.2.2 Contaminantes más comunes en aguas subterráneas

El agua subterránea, esencial para el abastecimiento de muchas comunidades

rurales y urbanas, puede sufrir impactos negativos por distintos tipos de contaminantes, los cuales se originan tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Entre los contaminantes más frecuentes se incluyen sustancias químicas como fertilizantes y pesticidas, microorganismos patógenos de origen biológico y partículas suspendidas de origen físico (Hernández & Torres, 2021).

La existencia de sustancias contaminantes en el agua no solo representa un riesgo para la salud de la población que la consume, al estar asociada con trastornos gastrointestinales, infecciones y diversas afecciones de carácter crónico, sino que también incide negativamente en las actividades agrícolas, debido a que el uso de agua contaminada disminuye la calidad de los cultivos y afecta la eficiencia de los sistemas de riego. A ello se suma la influencia de las condiciones geológicas y la susceptibilidad de los acuíferos, cuyos procesos de filtración y capacidad de retención determinan, en gran medida, la acumulación de compuestos perjudiciales.

2.2.2.2.1 Contaminación química en aguas subterráneas

La contaminación química de las aguas subterráneas constituye un riesgo relevante en cuencas rurales y áreas periurbanas, especialmente en regiones donde la actividad agrícola es intensa. Sustancias como fertilizantes y pesticidas pueden infiltrarse en los acuíferos, alterando la composición del agua y reduciendo su aptitud para consumo humano y riego agrícola (Pérez & López, 2019).

El impacto de estos contaminantes no se limita a la salud de la población, sino que también afecta la sostenibilidad del recurso, disminuyendo la disponibilidad de agua segura y aumentando la vulnerabilidad de las comunidades frente a escasez o interrupciones del suministro. Por ello, la gestión integral del agua debe considerar

medidas de prevención, monitoreo y tratamiento que incluyan la regulación de insumos químicos, la protección de fuentes subterráneas y la educación ambiental de la población, con el objetivo de garantizar un abastecimiento hídrico seguro y sostenible (Rivera & Méndez, 2020).

2.2.2.2 Contaminación biológica

La contaminación biológica de las aguas subterráneas constituye un riesgo significativo para la salud pública, especialmente en comunidades rurales donde el acceso a sistemas de saneamiento es limitado. Esta contaminación se genera principalmente por la presencia de microorganismos patógenos como bacterias, virus y protozoos, que ingresan a los acuíferos a través de aguas residuales domésticas, excretas de animales de granja y vertidos sin tratamiento adecuado (Rivera & Méndez, 2020).

2.2.2.3 Indicadores de potabilidad y seguridad del agua

Para asegurar que el agua destinada al consumo humano sea confiable y saludable, se recurre a una serie de indicadores físico-químicos y microbiológicos que permiten evaluar su calidad de manera integral. Entre los parámetros más utilizados se encuentran el pH, la turbidez, la conductividad eléctrica, la presencia de metales pesados como plomo o arsénico, y la carga microbiana, que refleja la posible presencia de bacterias, virus o protozoos patógenos (García & Morales, 2021).

El análisis de estos indicadores no solo permite determinar si el agua cumple con las normas de potabilidad establecidas por organismos nacionales e internacionales, sino que también orienta la selección de tratamientos apropiados para garantizar su seguridad.

Entre las medidas de tratamiento más comunes se encuentran la filtración, la desinfección mediante cloro o luz ultravioleta, y la sedimentación controlada, técnicas

que ayudan a eliminar contaminantes físicos, químicos y biológicos. En contextos rurales, donde las fuentes de agua son frecuentemente pozos y manantiales, la aplicación sistemática de estos indicadores resulta crucial para prevenir enfermedades hídricas, asegurar la continuidad del suministro y promover la salud pública en las comunidades dependientes de estos recursos (García & Morales, 2021).

2.2.3 Infraestructura hídrica y abastecimiento urbano

El acceso seguro al agua potable se reconoce como uno de los pilares más relevantes para garantizar el bienestar humano, la equidad social y el desarrollo sostenible de cualquier territorio. Este recurso es indispensable no solo para la supervivencia biológica de las personas, sino también para impulsar la productividad agrícola, la ganadería, la industria y otras actividades que sostienen la economía local y regional (Mendoza & Salazar, 2021).

A ello se suma la dispersión geográfica de las comunidades rurales, lo que incrementa los costos de instalación y dificulta la interconexión de sistemas (Torres y Jiménez, 2020). En muchos casos, las poblaciones dependen de pozos o acueductos comunitarios con un mantenimiento deficiente, situación que incrementa el riesgo de contaminación y reduce la eficiencia en la distribución (López & Herrera, 2019).

Del mismo modo, deben considerarse los factores sociales e institucionales que influyen en la gestión de la infraestructura. La falta de capacitación técnica en los actores locales, la debilidad de las organizaciones comunitarias y la ausencia de políticas públicas con enfoque integral limitan la sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento (Rodríguez & Martínez, 2022).

2.2.3.1 Sistemas de abastecimiento de agua en áreas rurales y periurbanas

En los entornos rurales y periurbanos, los sistemas de abastecimiento de agua suelen presentar características más limitadas en comparación con los servicios disponibles en las áreas urbanas. Mientras que en las ciudades predominan acueductos centralizados, plantas de tratamiento de gran escala y redes de distribución con mayores niveles de control y cobertura, en las comunidades rurales el acceso al agua depende de infraestructuras más sencillas y, en muchos casos, informales. De acuerdo con Torres y Aguilar (2020), es frecuente que en las zonas rurales los esquemas de abastecimiento se sostengan a partir de pozos artesanales, aljibes, manantiales y pequeñas redes comunitarias, generalmente administradas por organizaciones locales o juntas de agua. Estos sistemas, aunque cumplen una función esencial, suelen carecer de un monitoreo periódico de la calidad, lo que incrementa los riesgos de contaminación tanto por factores naturales como por actividades humanas.

En el caso de las áreas periurbanas, la situación adquiere particular complejidad debido al crecimiento demográfico acelerado y a la expansión territorial desordenada que presiona de manera significativa la infraestructura disponible. La proximidad a centros urbanos genera una demanda creciente de agua potable, que en muchas ocasiones supera la capacidad de los sistemas instalados. Según Ramírez y Duarte (2022), esta sobrecarga ocasiona interrupciones frecuentes en el suministro, conexiones informales que ponen en riesgo la calidad del recurso y deficiencias en la continuidad del servicio. Además, la falta de planificación urbana y de inversión en infraestructura hidráulica adecuada contribuye a que la provisión de agua en sectores periurbanos sea inestable y desigual.

2.2.3.2 Pozos, acueductos y alternativas de suministro

Los pozos constituyen una de las fuentes de abastecimiento de agua más extendidas en las comunidades rurales, principalmente porque representan una alternativa de bajo costo inicial y de relativa sencillez en su construcción. Estos sistemas, que pueden ser excavados de forma artesanal o perforados con equipos especializados, permiten acceder al agua subterránea y garantizar cierto grado de autonomía en el suministro. Sin embargo, cuando la explotación de los pozos no se realiza bajo criterios técnicos adecuados, o cuando carecen de monitoreo y control de calidad, se convierten en un foco de riesgo para la salud. La ausencia de barreras sanitarias apropiadas, como revestimientos o sellados en la parte superior, facilita la infiltración de contaminantes de origen agrícola, doméstico o industrial, lo que compromete la potabilidad del recurso y aumenta la vulnerabilidad de las poblaciones usuarias (Torres & Jiménez, 2020).

Por otro lado, los acueductos rurales representan un modelo más organizado y colectivo de suministro hídrico, al integrar redes de distribución que pueden abarcar desde un pequeño número de viviendas hasta comunidades enteras. Estos sistemas suelen contar con estructuras de almacenamiento, estaciones de bombeo y, en algunos casos, unidades de tratamiento básico. Según Herrera y Pineda (2019), la eficacia de los acueductos rurales depende de la capacidad de combinar infraestructura hidráulica funcional con una gestión comunitaria activa, que garantice tanto el mantenimiento de las redes como la sostenibilidad en el tiempo. No obstante, se enfrentan a dificultades recurrentes, especialmente de tipo financiero y técnico, que dificultan la reparación oportuna de daños, la renovación de equipos y la implementación de procesos de cloración o filtración de manera constante.

En cuanto a las alternativas de suministro, en diversas regiones rurales y periurbanas se recurre a mecanismos complementarios como la captación de agua de lluvia, las cisternas familiares y el transporte mediante camiones cisterna. La captación pluvial, cuando se realiza con sistemas adecuados de almacenamiento y filtración, puede constituir una opción viable en contextos de estacionalidad de lluvias, mientras que las cisternas permiten mantener reservas en los hogares. Los camiones cisterna, en cambio, son utilizados principalmente en situaciones de emergencia o en comunidades con acceso limitado a fuentes estables, aunque su carácter intermitente y la falta de controles rigurosos de potabilidad reducen su capacidad de garantizar la seguridad hídrica a largo plazo (López & Herrera, 2019).

2.2.3.3 Limitaciones de infraestructura en comunidades rurales

Las deficiencias en la infraestructura de agua en áreas rurales tienen múltiples causas, lo que explica tanto su persistencia a lo largo del tiempo como la complejidad de abordarlas de manera integral. Entre los factores más relevantes se encuentran la limitada inversión pública en proyectos de agua potable y la dispersión geográfica de las comunidades. Morales y Gutiérrez (2021) señalan que la carencia de apoyo técnico y financiero sostenido reduce la eficiencia de los sistemas de abastecimiento y aumenta la vulnerabilidad de la población frente a problemas de contaminación y escasez de agua.

2.2.3.4 Planificación y gestión integral de recursos hídricos

La planificación y gestión integral del agua representa un enfoque estratégico orientado a asegurar la disponibilidad del recurso en cantidad y calidad adecuadas, fomentando un manejo sostenible tanto de las fuentes hídricas como de la infraestructura destinada a su captación y distribución. Este modelo no se limita únicamente a garantizar

el suministro de agua, sino que también se enfoca en la conservación de los ecosistemas relacionados y en minimizar los riesgos asociados a la sobreexplotación y la contaminación (Organización Panamericana de la Salud (OPS), 2021)

2.2.4 Participación comunitaria y gestión del agua

La participación de la comunidad en la gestión del agua se entiende como la involucración activa de sus miembros en la planificación, operación y mantenimiento de los sistemas de suministro, así como en la toma de decisiones relacionadas con el uso sostenible de los recursos hídricos (Ramírez & Torres, 2021). Este enfoque considera a la comunidad no solo como beneficiaria de los servicios, sino como un actor clave en la conservación y protección de las fuentes de agua, en la prevención de su contaminación y en la gestión eficiente del recurso (Pérez & Morales, 2020).

Además, la implicación de la comunidad contribuye a fortalecer la responsabilidad compartida y la capacidad de adaptación frente a eventos críticos, como sequías, inundaciones o contaminaciones accidentales, al posibilitar la creación de estrategias de gestión ajustadas a las condiciones locales y a las necesidades específicas de cada territorio. La participación ciudadana también facilita la transmisión de conocimientos tradicionales sobre el manejo del agua, técnicas de conservación y control de riesgos, fomentando una cultura de cuidado del recurso que se traduce en beneficios directos para la salud, la seguridad hídrica y el desarrollo socioeconómico (Hernández & Torres, 2021).

2.2.4.1 Concepto de participación comunitaria en la gestión hídrica

La participación comunitaria en la gestión del agua consiste en la implicación activa de los habitantes en la planificación, supervisión y operación de los sistemas de

abastecimiento, a través de comités, consejos o asociaciones locales (López & García, 2020). Este enfoque facilita que las comunidades asuman una responsabilidad directa en la protección de las fuentes de agua, fomentando la transparencia en la gestión de los recursos y la adaptación de los sistemas a las necesidades particulares de cada territorio (Ramírez & Torres, 2021).

2.2.4.2 Educación ambiental y sensibilización de la población

La educación ambiental tiene un papel esencial en fortalecer la participación comunitaria, al generar conciencia sobre la relevancia del agua como recurso indispensable y la importancia de su conservación. (Rivera & Méndez, 2020). Numerosos estudios señalan que los programas de educación ambiental deben abarcar información sobre el ciclo del agua, los impactos de las actividades humanas en la disponibilidad y calidad del recurso, y estrategias que promuevan prácticas sostenibles tanto en los hogares como en las comunidades (López & García, 2020).

2.2.4.3 Programas de conservación y manejo sostenible del agua

Los programas enfocados en la conservación y el manejo sostenible del agua tienen como finalidad principal involucrar a la comunidad en la protección de cuencas, la conservación de ríos y acuíferos, así como en la recuperación de ecosistemas hídricos deteriorados por la degradación ambiental. Entre las estrategias aplicadas se incluyen la reforestación de las áreas cercanas a cuerpos de agua, el control de vertidos domésticos y agrícolas, la instalación de sistemas para captar y almacenar agua, y la promoción de tecnologías sostenibles que reduzcan los impactos sobre el medio ambiente (Gutiérrez, López, & Martínez, 2021).

En diversas comunidades rurales del Caribe se ha observado que la participación

activa de los habitantes en los programas de gestión del agua no solo asegura un uso más eficiente y equitativo del recurso, sino que también fortalece la resiliencia frente a sequías, inundaciones y otros fenómenos climáticos extremos (Díaz & Fernández, 2020). Asimismo, la integración de educación ambiental, vigilancia comunitaria y cooperación entre instituciones ha demostrado ser un factor clave para la sostenibilidad de los proyectos hídricos, fomentando prácticas responsables en el manejo del agua y reforzando la gestión participativa a nivel local (Rivera & Méndez, 2020).

2.3 Marco conceptual

Agua potable: Se entiende como aquella agua que cumple con los parámetros de calidad requeridos para el consumo humano, garantizando que no represente riesgos de enfermedades ni esté contaminada química o microbiológicamente. Su disponibilidad resulta esencial para la salud pública, la higiene, la nutrición y el desarrollo sostenible de las comunidades. (Organización Mundial de la Salud, 2019).

Calidad del agua: Es la propiedad que refleja el nivel de idoneidad del agua para distintos usos, considerando parámetros físicos, químicos y biológicos. Su evaluación se realiza mediante análisis que identifican contaminantes de origen natural y humano, garantizando que su consumo no implique riesgos para la salud. (García & Pérez, 2020).

Conservación del agua: se refiere al conjunto de medidas y estrategias destinadas a proteger, conservar y aprovechar de manera eficiente los recursos hídricos, reduciendo el desperdicio y limitando la contaminación, con el fin de garantizar su disponibilidad tanto para la población actual como para las futuras generaciones. (Rojas, Castillo, & Herrera, 2021).

Disponibilidad hídrica: Se define como la cantidad de agua disponible en una región o

cuenca durante un periodo específico, considerando factores naturales como las lluvias, la recarga de acuíferos y el flujo de los ríos, así como la demanda proveniente de la población y de las actividades productivas (Jiménez & Morales, 2020).

Gestión integrada de recursos hídricos (GIRH): Se trata de un enfoque orientado a planificar y coordinar de manera sostenible el desarrollo y uso del agua, considerando los factores sociales, ambientales y económicos, e incluyendo la participación de todos los actores involucrados en la toma de decisiones (Basterrechea & Franco, 2021).

Infraestructura hídrica: Se refiere al conjunto de obras, instalaciones y sistemas diseñados para captar, almacenar, transportar, distribuir y tratar el agua, incluyendo pozos, acueductos, plantas de tratamiento y redes de distribución, con el propósito de garantizar un suministro seguro y confiable (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

Potencial hídrico: Se define como la capacidad de una cuenca o región para proveer agua, considerando la cantidad disponible, su calidad y los usos que se pueden dar de manera sostenible. Esta evaluación abarca tanto los recursos superficiales como los subterráneos (Gómez, 2011).

Recursos hídricos subterráneos: Se trata del agua que se encuentra bajo la superficie terrestre, almacenada en acuíferos y suelos saturados, y que constituye una fuente relevante para el consumo humano, el riego agrícola y los procesos industriales. Su manejo requiere vigilancia constante y protección contra posibles contaminantes (Water Action Hub, 2020).

Saneamiento básico: Comprende el conjunto de servicios, infraestructuras y prácticas que facilitan la recolección, el tratamiento y la disposición correcta de las aguas residuales

y desechos, contribuyendo a prevenir enfermedades y a proteger el medio ambiente. (Naciones Unidas, 2019).

Sostenibilidad hídrica: Se refiere a la capacidad de asegurar el acceso al agua y su uso responsable, sin poner en riesgo la disponibilidad del recurso para las generaciones futuras, incorporando consideraciones ecológicas, económicas y sociales (Rojas, Castillo, & Herrera, 2021).

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA SELECCIONADO.

Introducción

En el presente capítulo se propone una solución al problema identificado, enfocada en garantizar un suministro urbano seguro y sostenible en la cuenca de Zambrana Abajo, considerando tanto la disponibilidad como la calidad del agua. Esta propuesta se basa en los hallazgos obtenidos y en prácticas reconocidas de gestión de recursos hídricos, con el fin de aplicar estrategias eficaces que promuevan el uso responsable del agua, su conservación y el bienestar de la comunidad.

3.1 Descripción de la Propuesta

Para desarrollar la propuesta de investigación, se aplicó un análisis estratégico basado en la metodología FODA, con el objetivo de identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Con base en este estudio, se plantean las siguientes estrategias:

Cuadro 19. Análisis FODA.

Categoría	Elementos
Fortalezas (F)	- Dependencia consolidada de pozos subterráneos permite control local del recurso. - Comunidad con conocimiento básico sobre tratamientos caseros del agua (clorado, hervido).
Oportunidades (O)	- Disponibilidad de programas gubernamentales para la gestión hídrica y financiamiento de infraestructura. - Interés de la comunidad y organismos externos en educación ambiental y conservación del agua.
Debilidades (D)	- Participación comunitaria limitada en conservación y manejo del agua. - Infraestructura insuficiente para garantizar abastecimiento continuo.
Amenazas (A)	- Sequías y variabilidad climática que afectan la recarga de acuíferos. Riesgo de contaminación de pozos por desechos o agroquímicos. - Escasez de agua en períodos críticos y falta de mantenimiento de infraestructura existente.

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

A continuación, se abordan las estrategias diseñada a partir del análisis FODA.

- Promover programas de capacitación comunitaria en manejo y conservación del agua, aprovechando el conocimiento local sobre tratamientos caseros.
- Implementar proyectos piloto de gestión hídrica con participación comunitaria, utilizando el control local sobre los pozos y el interés de organismos externos en educación ambiental.
- Mantener y mejorar la gestión de pozos existentes para reducir riesgos de escasez durante sequías.
- Implementar sistemas de monitoreo básico de calidad de agua para prevenir contaminación de los pozos por desechos o agroquímicos.
- Fomentar la participación comunitaria mediante programas educativos y talleres ofrecidos por instituciones gubernamentales.
- Gestionar financiamiento para infraestructura hídrica que garantice suministro continuo, superando la debilidad de la infraestructura insuficiente.
- Crear planes de contingencia comunitarios frente a sequías y escasez de agua, fortaleciendo la capacidad local de respuesta.
- Desarrollar programas de mantenimiento preventivo de pozos y sistemas de almacenamiento para minimizar el impacto de amenazas externas.

3.2 Alcances y Límite

En presente proyecto, potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo se delimita en varias vertientes para asegurar una aplicación efectiva.

- a) **Delimitación espacial:** El estudio se implementó en los hogares y sectores del distrito municipal de Zambrana Abajo, abarcando particularmente las comunidades que dependen de pozos subterráneos como fuente principal de agua.

- b) **d) Delimitación temporal:** El presente estudio se diseñó para implementarse en un periodo inicial de 12 meses
- c) **Personas:** La ejecución se llevó a cabo con la participación de los comunitarios de los diferentes sectores, líderes locales, juntas de vecinos, instituciones gubernamentales como INDRHI y el Ministerio de Medio Ambiente, así como organizaciones externas que aportaron conocimientos técnicos y apoyo logístico.

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

Determinar el potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabima Sánchez Ramírez.

3.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la disponibilidad de aguas superficial y subterránea en la cuenca de Zambrana Abajo.
- Determinar la calidad de las aguas superficial y subterránea en la cuenca de Zambrana Abajo.
- Evaluar la demandas actuales y futuras de la cuenca de Zambrana Abajo.
- Conocer la capacidad de las infraestructuras existentes para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo.
- Caracterizar el potencial hidrogeológico de la cuenca del Zambrana Abajo.

3.4 Plan de Acción

En la siguiente tabla se muestra el plan de acción del proyecto que tiene como objetivo implementar estrategias concretas para garantizar un abastecimiento urbano sostenible y seguro en la cuenca de Zambrana Abajo.

Cuadro 20. Plan de Acción

Actividad	Tareas	Recursos	Responsable
1. Evaluación de fuentes de agua	Identificar y georreferenciar pozos y otras fuentes. Medir caudales, niveles y disponibilidad estacional.	Mapas topográficos, GPS, instrumentos de medición, transporte	Equipo técnico del proyecto (geólogos e ingenieros)
2. Monitoreo de calidad del agua	Recolectar muestras periódicas en diferentes puntos. Analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	Laboratorio, kits de muestreo, guantes, refrigeración de muestras	Laboratorio local y equipo ambiental
3. Optimización de infraestructura existente	Inspeccionar pozos, bombas y redes de distribución. Realizar reparaciones y mantenimiento preventivo.	Herramientas, materiales de construcción, bombas de agua	Personal técnico de INDRHI y comunidad local
4. Promoción de prácticas de tratamiento doméstico	Capacitar a la población en clorado, hervido y filtrado. Distribuir guías y cartillas educativas.	Folletos, insumos de tratamiento (cloro), espacios comunitarios	Equipo de sensibilización y líderes comunitarios
5. Fortalecimiento de la participación comunitaria	Organizar talleres y reuniones periódicas sobre gestión hídrica. Crear comités locales de vigilancia y conservación del agua.	Salones comunitarios, material didáctico, pizarras	Líderes locales, ONGs y equipo del proyecto
6. Plan de contingencia ante escasez de agua	Diseñar estrategias de almacenamiento temporal y racionamiento. - Evaluar fuentes de agua alternativas.	Tanques de almacenamiento, transporte, estudios técnicos	Equipo técnico y autoridades municipales
7. Campañas de concienciación ambiental	Realizar charlas en escuelas y comunidades. Difundir mensajes sobre conservación y uso responsable del agua.	Material audiovisual, impresos educativos, proyectores	Educadores ambientales y líderes comunitarios
8. Registro y seguimiento de datos hídricos	Implementar un sistema de monitoreo digital. Registrar niveles, calidad y uso del agua periódicamente.	Computadoras, software de monitoreo, internet	Equipo técnico y comités comunitarios
9. Evaluación de riesgos y vulnerabilidades	Identificar amenazas naturales o humanas que afecten la disponibilidad de agua. Elaborar un plan de mitigación basado en riesgos identificados.	Mapas de riesgo, datos históricos, reuniones comunitarias	Equipo técnico, autoridades municipales y líderes locales
10. Incentivo a buenas prácticas agrícolas	Capacitar a agricultores sobre uso eficiente de agua y reducción de contaminación.	Talleres, guías técnicas, herramientas agrícolas	Técnicos agrícolas, cooperativas locales y ONGs

	Promover técnicas de riego sostenible.		
11. Integración de políticas locales de gestión hídrica	Coordinar con instituciones gubernamentales. Implementar lineamientos de gestión sostenible del agua en la comunidad.	Documentos oficiales, reuniones, materiales de planificación	Autoridades municipales, INDRHI y equipo del proyecto

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

3.5 Cronograma de implementación

En la tabla 21, se muestra el cronograma de la implementación del proyecto.

Cuadro 21. Cronograma de implementación

Fase	Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	Capacitación de encuestadores y personal técnico												
2	Recolección de datos de fuentes de agua y disponibilidad												
3	Evaluación de la calidad del agua en pozos y otras fuentes												
4	Registro y sistematización de información												
5	Identificación de problemas críticos y prioridades de intervención												
6	Diseño de estrategias de gestión de riesgo y conservación												
7	Socialización del plan con la comunidad y autoridades												
8	Ajustes finales y entrega del informe completo												

Fuente: Moya, Fermin, Marte y García, 2025.

3.6 Presupuestos

En la tabla 22 que se presenta a continuación, se aborda el presupuesto del proyecto, con la logística de cada actividad.

Cuadro 22. Presupuestos

Nº	Actividad	Descripción detallada	Cantidad	Costo Unitario (RD\$)	Subtotal (RD\$)
1	Logística de campo				
1.1	Transporte	Vehículo alquilado + combustible	20 viajes	7,500	150,000
1.2	Viáticos del equipo técnico	Alimentación para 2 personas	20 días	2,000	40,000
1.3	Elaboración de fichas de campo	Formatos ampliados y digitalización	1 lote	8,000	8,000
	Subtotal categoría 1				198,000
2	Equipos y materiales				
2.1	Recipientes estandarizados	Para toma y repetición de muestras	25 unidades	1,200	30,000
2.2	Kits de prueba rápida	pH, turbidez, conductividad, cloro, TDS	3 kits	12,000	36,000
2.3	Protección personal	Guantes, botas, mascarillas certificadas	4 kits	6,000	24,000
	Subtotal categoría 2				90,000
3	Análisis de laboratorio				
3.1	Análisis físico-químico	Parámetros ampliados	10 muestras	7,000	70,000
3.2	Análisis microbiológico	Coliformes, <i>E. coli</i> , <i>Pseudomonas</i> , hongos	10 muestras	11,000	110,000
3.3	Transporte de muestras	Conservación y cadena de custodia	1 lote	20,000	20,000
3.4	Validación técnica externa	Revisión y firma especializada	1 servicio	30,000	30,000
	Subtotal categoría 3				230,000
4	Documentación y redacción				
4.1	Material de oficina	Insumos completos	1 lote	8,000	8,000

4.2	Impresión del informe final	6 copias empastadas	6	3,000	18,000
4.3	Memorias USB	Respaldo digital ampliado	4 unidades	1,500	6,000
	Subtotal categoría 4				32,000
5	Asesoría y apoyo técnico				
5.1	Consultoría en geohidrología	Acompañamiento técnico especializado	1	22,000	22,000
5.2	Asesoría académica externa	Corrección y validación metodológica	1	16,200	16,200
	Subtotal categoría 5				38,200
6	Contingencia	10 % del subtotal general	—	—	55,800
				TOTAL GENERAL ESTIMADO	614,000.00

Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

3.7 Programa de monitoreo

El seguimiento constante de las condiciones del agua representa una herramienta clave para garantizar un abastecimiento confiable en la cuenca de Zambrana Abajo. Ya que la población depende específicamente de pozos, por tal razón resulta fundamental establecer un sistema de seguimiento que permita conocer cómo varían la cantidad y la calidad del agua a través del tiempo, especialmente en épocas de lluvias intensas o estiaje.

a) Propósito del programa

Registrar continuamente los cambios que evidencia el agua subterránea en cantidad, calidad y funcionamiento de los pozos durante todo un año, con el fin de identificar las tendencias, predecir las dificultades y orientar a estrategias de prevención.

b) Alcance

En el seguimiento se abordan los pozos utilizados para el consumo de los hogares, el estado de su infraestructura y la calidad del agua que extraen. Las mediciones incluirán parámetros físico-químicos y microbiológicos, así como observaciones de campo relacionadas con el contexto de los pozos y su vulnerabilidad frente a fuentes potenciales de contaminación.

c) Actividades a desarrollar**Medición mensual de disponibilidad del agua**

Durante las mediciones mensuales se realizarán registro del nivel freático y profundidad del espejo de agua, determinación del caudal mediante pruebas de bombeo breves y el tiempo de recuperación del pozo luego de la extracción.

Evaluación trimestral de la calidad del agua

En las evaluaciones trimestrales se realizarán análisis de parámetros como pH, turbidez, conductividad, temperatura, nitratos y dureza, también revisión de la presencia de coliformes y bacterias indicadoras de contaminación y comparación con los límites establecidos en las normas nacionales.

Inspección bimestral de la infraestructura

En las inspecciones bimestrales se realizarán estado del brocal, tapa y caseta del pozo, funcionamiento de bombas, tuberías y puntos de distribución y también condiciones del terreno cercano y posibles fuentes de riesgo (basura, aguas residuales, agroquímicos).

Registro comunitario básico

Para el registro comunitario se realizarán capacitación a representantes de la comunidad para llevar un control sencillo de turbidez, olor, color y variaciones en el rendimiento de los pozos. Asimismo, se elaborará un cuaderno de registro semanal por cada punto de agua.

Registro de variaciones ambientales

Asimismo, se realizarán reporte de lluvias intensas, sequías, inundaciones o actividades agrícolas relevantes y también se registrará la relación entre estos eventos y los cambios observados en las mediciones.

Elaboración de informes

Para el informe semestral con el análisis preliminar de los resultados. Además, se realizará otro informe final al concluir el ciclo anual, que integre los hallazgos y proponga acciones para mejorar la gestión del agua.

d) Frecuencia del monitoreo

Actividad	Frecuencia	Responsable
Medición de niveles y caudal	Mensual	Equipo técnico con apoyo comunitario
Análisis de calidad del agua	Trimestral	Laboratorio y técnicos ambientales
Revisión de infraestructura	Bimestral	INDRHI y comité local
Registro comunitario	Semanal	Comunidad capacitada
Informes de seguimiento	Semestral y anual	Coordinación del proyecto

e) Resultados esperados

para concluir con el monitoreo en el periodo de doce meses se espera contar con información clara sobre la evolución de los pozos, la estabilidad de la calidad del agua y las condiciones de los pozos.

3.8 Análisis de factibilidad

Técnica: para la factibilidad técnica se dispone de la tecnología necesaria para ejecución del plan de acción, incluyendo GPS, mapas topográficos, instrumentos de medición de agua y herramientas para mantenimiento de pozos. Los responsables técnicos con competencias en geología, ingeniería y educación ambiental están disponibles para implementar las actividades.

Ambiental: Las estrategias y acciones desarrolladas en la propuesta de investigación son ambientalmente amigables, ya que promueven la conservación del recurso hídrico, además reducen la contaminación y uso sostenible del agua en la cuenca.

Social: La propuesta promueve la participación comunitaria, la conciencia sobre el uso responsable del agua y fortalecimiento de clubes locales de gestión hídrica, promoviendo cohesión social y responsabilidad comunitaria.

Financiera: El presupuesto total estimado de RD\$614,000.00 cubre todas las actividades del plan de acción. Se recomienda financiamiento mediante coordinación con instituciones gubernamentales, ONG locales y posibles donaciones de organismos interesados en la gestión sostenible del agua.

3.9 Sostenibilidad

Para garantizar que la propuesta de gestión del potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma, Sánchez Ramírez cumpla en el tiempo, se plantean acciones de sostenibilidad enfocadas en:

- **Fortalecimiento comunitario:** Capacitación continua a líderes locales y comités de gestión hídrica para que mantengan el monitoreo, control y cuidado de las fuentes de agua.
- **Mantenimiento de infraestructura:** Establecimiento de planes periódicos de inspección, reparación y mejora de pozos, bombas y redes de distribución existentes.
- **Educación y sensibilización:** Implementación de campañas permanentes de concienciación sobre uso responsable y conservación del agua en escuelas y comunidades.
- **Monitoreo y registro de datos:** Mantener un sistema digital actualizado que permita registrar niveles, calidad y uso del agua, facilitando la toma de decisiones futuras.
- **Gestión institucional y alianzas:** Coordinación continua con autoridades municipales, INDRHI y organizaciones locales para asegurar recursos, apoyo técnico y seguimiento a largo plazo.

Estas acciones buscan que la propuesta no solo se ejecute correctamente, sino que se mantenga efectiva, adaptándose a cambios sociales, ambientales y técnicos en el tiempo.

3.10 Monitoreo y seguimiento

Para garantizar la correcta implementación de la propuesta de gestión del potencial hídrico de la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma, Sánchez Ramírez, se organizarán los actores claves en las siguientes funciones:

- **Comité técnico del proyecto:** Integrado por geólogos, ingenieros y especialistas en recursos hídricos, responsables de supervisar las actividades técnicas, asegurar el cumplimiento de las mediciones de caudal, calidad y disponibilidad del agua.
- **Comités comunitarios locales:** Formados por líderes comunitarios y representantes de la población, encargados de vigilar el uso responsable del agua, apoyar en la ejecución de talleres y reportar incidencias o anomalías.
- **Autoridades municipales e instituciones gubernamentales:** INDRHI y otras dependencias, responsables de brindar soporte técnico y logístico, validar informes y garantizar recursos necesarios para las acciones.
- **Registro y seguimiento de datos:** Implementación de un sistema digital para registrar niveles de agua, calidad, uso y estado de la infraestructura, permitiendo la evaluación periódica del avance y la toma de decisiones.
- **Informes periódicos:** Elaboración de reportes trimestrales y anuales sobre el estado de las fuentes de agua, efectividad de las estrategias y cumplimiento de metas, que serán revisados por todos los actores involucrados.

Este esquema de monitoreo asegura que la propuesta se mantenga bajo control, promueve la transparencia en la gestión del recurso hídrico y permite ajustes oportunos para garantizar su sostenibilidad y eficacia en el tiempo.

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Introducción

En el presente capítulo se aborda la propuesta de solución del estudio la cual está basada en los resultados del diagnóstico realizado en la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabrima, Sánchez Ramírez. Partiendo de los hallazgos en campo, las percepciones de las personas, los inventarios de pozos, la disponibilidad y calidad del agua, y los indicadores socio-demográficos, las pruebas de laboratorios se plantean acciones dirigidas a asegurar el abastecimiento hídrico, suficiente y sostenible, orientado al bienestar integral de la comunidad. Por lo que la propuesta está basada para el cumplimiento de los objetivos específicos del proyecto.

1. Evaluar la disponibilidad de aguas superficial y subterránea en la cuenca

Los resultados obtenidos evidencian que todos los habitantes dependen de pozos como fuente de agua, además también muestran que la mayoría solo recibe agua por horas, en tanto que un 22% de las personas encuestadas cuenta con suministro todo el día. En otro orden, el 67% de la población considera que el agua no es suficiente para satisfacer sus necesidades. Estos resultados reflejan limitaciones significativas en la disponibilidad del recurso hídrico. Debido a lo anterior, se propone la ejecución de un sistema para almacenar agua en la comunidad ubicada en un punto estratégico y mantenimiento de los pozos existentes, además se propone exploración de fuentes alternativas como captación de agua de lluvia o construcción de reservorios.

2. Determinar la calidad de las aguas superficial y subterránea

En concordancia con el análisis fisicoquímico de los pozos, el cual indica que el pH está ligeramente alcalino y parámetros seguros para consumo y riego (clases C1S1 y C2S1), mientras que la conductividad eléctrica, sodio, cloruros y sólidos totales elevados, clasificado como C4S2, por lo que se consideran no apto para consumo humano directo. De acuerdo con el análisis microbiológico el cual muestra presencia de coliformes totales, fecales y *Pseudomonas* en algunos pozos, representando un riesgo de contaminación. Por lo que se propone un programa integral para tratamiento de agua que incluya cloración estandarizada de todos los pozos, filtración, desinfección periódica y educación comunitaria sobre prácticas de tratamiento casero.

3. Evaluar las demandas actuales y futuras de la cuenca

Los resultados obtenidos sobre uso del agua muestran que el 95% se destinan el recurso al consumo humano y saneamiento, y solo una minoría destina el agua al riego agrícola. En otro orden, también se evidenció, que la mayoría de la población es adulta entre 31–50 años y que se dedican a la agricultura y actividades domésticas, lo que sugiere una demanda estable pero concentrada en necesidades básicas. Por lo que se sugiere una planificación hídrica basada en proyecciones de la población y la ocupación de la misma, dando prioridad a la infraestructura, la regulación del consumo y hábitos responsables de uso del agua.

4. Conocer la capacidad de las infraestructuras existentes para el abastecimiento urbano

En relación al reconocimiento de los pozos revela profundidades, caudales y coordenadas variadas, con algunos pozos que presentan riesgos de secado o contaminación. También se conoció que la mayoría de los residentes lleva más de 5 años en la comunidad, debido a esto conocen las fuentes y su funcionamiento, lo que facilita la implementación de programas de mantenimiento y educación sobre cuidado de los pozos. Como propuesta solución se sugiere la rehabilitación de los pozos, impermeabilización de tinacos, control de fuentes que puedan ocasionar contaminación, seguimiento constante de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

5. Caracterizar el potencial hidrogeológico de la cuenca

En cuanto al análisis de la calidad del agua y de la disponibilidad indica zonas con buenos recursos subterráneos (El Lirio y Tinaco) y otras con limitaciones (La Cabirma). Integrando la información sobre ocupación, nivel educativo y tiempo de residencia de los habitantes, se propone un estudio hidrogeológico detallado para identificar acuíferos con mayor capacidad de recarga, establecer áreas de protección de pozos y definir sitios óptimos para nuevos pozos. Adicionalmente, se sugiere implementar un sistema de monitoreo integral que permita gestionar sosteniblemente los recursos hídricos, garantizando su calidad y disponibilidad, y considerando las necesidades y percepciones de la comunidad.

CAPÍTULO 5: CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Conclusiones

Se constató que la población cuenta exclusivamente con pozos, además el suministro limitado en la mayoría de los hogares. La falta de agua obliga a sugerir estrategias de almacenamiento comunitario, mantenimiento de pozos y exploración de fuentes alternativas.

Se determinó que en los análisis físico-químicos y microbiológicos la calidad del agua, en algunas zonas no es apta para el consumo humana debido a que cuenta con ciertas alteraciones, pero si es apta para el riego, y otras con parámetros críticos que representan riesgo sanitario. Por lo que la propuesta de tratamiento integral, donde incluyan cloración, filtración, desinfección periódica y educación comunitaria, garantiza la potabilidad del agua y la prevención de enfermedades.

Se evaluó la demanda actual en el uso del agua y características demográficas lo que permitió conocer la concentración de la demanda en consumo humano y saneamiento, así como también la estabilidad de la misma en función de la estructura etaria y ocupacional de la población. Por lo que la planificación hídrica asegura que los recursos puedan satisfacer de manera sostenible las necesidades presentes y futuras en la comunidad de Zambrana.

Se conocieron los pozos existentes para la diversidad de condiciones, profundidades y riesgos asociados a cada fuente.

Se identificaron áreas con recursos subterráneos favorables y otras con limitaciones que requieren protección o tratamiento previo. El estudio hidrogeológico detallado y el sistema de monitoreo integral propuestos permiten gestionar sosteniblemente los recursos hídricos y planificar la instalación de nuevos pozos.

Se determinó el potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, identificando tanto la disponibilidad como la calidad del agua, la capacidad de las infraestructuras existentes, las demandas actuales y futuras, y el potencial hidrogeológico de la zona. Se evidenció que, aunque existen recursos subterráneos adecuados en ciertas áreas como El Lirio y Tinaco, otras fuentes como La Cabirma presentan limitaciones significativas que requieren intervención.

5.2 Recomendaciones

- Implementar sistemas de almacenamiento de uso comunitario en áreas estratégicas de la cuenca, junto con la evaluación y adopción de alternativas complementarias, tales como la captación de agua de lluvia y la construcción de reservorios de pequeña escala. Estas acciones permitirían mejorar la continuidad del abastecimiento y disminuir la vulnerabilidad de la población ante escenarios de escasez hídrica.
- Se considera pertinente el establecimiento de un programa integral de tratamiento del agua que incorpore procesos de cloración controlada en los pozos, sistemas de filtración, desinfección periódica y acciones de formación dirigidas a la comunidad sobre prácticas seguras de potabilización. De esta manera, se contribuiría a garantizar la calidad del agua y a reducir los riesgos asociados a la salud pública.

- Se plantea la realización de estudios de proyección poblacional y estimación de la demanda de agua a mediano y largo plazo, con el propósito de elaborar políticas que regulen el consumo y planifiquen la infraestructura necesaria para garantizar un abastecimiento sostenible acorde con el crecimiento de la población.
- Llevar a cabo la rehabilitación y mejora de los pozos existentes, junto con la impermeabilización de los tinacos y la prevención de posibles focos de contaminación.
- Se plantea realizar un estudio hidrogeológico completo que permita identificar los acuíferos con mayor capacidad de recarga, establecer zonas de protección para los pozos existentes y definir criterios técnicos para la perforación de nuevas fuentes. implementar un sistema integral de monitoreo que apoye la gestión sostenible del recurso hídrico, considerando tanto los aspectos técnicos como las necesidades y percepciones de la comunidad local.
- Se plantea que las autoridades locales y los organismos encargados de la gestión del agua desarrollen un programa integral en la cuenca de Zambrana Abajo, centrado en el monitoreo constante de la cantidad y calidad del recurso, en el fortalecimiento del mantenimiento de las infraestructuras existentes y en fomentar la participación activa de la comunidad en la conservación y protección de las fuentes de agua.

Referencias bibliográficas

- Basterrechea, A., & Franco, R. (2021). *Gestión del agua y gobernanza local en América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Basterrechea, D. M., & Franco, G. (2021). *Estado de la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos en Centroamérica y República Dominicana al 2020: retos, oportunidades y compromisos para avanzar hacia la GIRH en la región*. Global Wa. Recuperado de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/memoria_estado-de-girh-en-cam_fin.pdf.
- Basterrechea, M., & Franco, J. (2021). *Gestión sostenible del agua en cuencas urbanas*. Editorial Agua y Sociedad.
- Crespo, R., & Torres, L. (2021). *Cres Gestión de recursos hídricos y disponibilidad del agua*. Editorial Académica.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Díaz, M., & Fernández, J. (2020). *Participación comunitaria en la gestión de los recursos hídricos rurales*. Revista de Desarrollo Regional, 12(3), 45-60.
- García, L., & Morales, R. (2021). *Gestión integral de los recursos hídricos en zonas rurales*. Santo Domingo: Editorial Hidroamérica.
- García, L., & Pérez, R. (2020). *Calidad y evaluación del agua potable en zonas rurales*. Revista Iberoamericana de Hidrología, 15(2), 45–60.
- García, M. H. (2020). *Gestión sostenible de los recursos hídricos en cuencas rurales*. Revista de Ciencias Ambientales, 15(2), 45-60.
- García, M., & Rodríguez, S. (2018). *Planificación y disponibilidad de recursos hídricos en cuencas rurales*. La Habana, Cuba: Universidad de La Habana.
- Gómez, A. (2011). *Potencial hídrico para el abastecimiento urbano en cuencas*. Universidad Autónoma de Santo Domingo.
- Gómez, A., & Fernández, R. (2021). *Impacto de la variabilidad climática en la disponibilidad de agua en regiones tropicales*. Revista de Hidrología Aplicada, 16(1), 23-40.
- Gómez, C. (2011). *Rol del capital natural en una experiencia de desarrollo rural: el caso de Zambrana Abajo, Bosque Modelo Colinas Bajas, República Dominicana*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Recuperado de. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

(CATIE)https://www.researchgate.net/publication/254559154_Rol_del_capital_natural_en_una_experiencia_de_desarrollo_rural_el_caso_de_Zambrana_Abajo_Bosque_Modelo_Colinas_Bajas_Republica. Recuperado de.

Gómez, L., & Torres, E. (2020). *Impacto de la escasez de agua en comunidades rurales del Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana: Instituto Nacional de Recursos Hídricos (INDRHI).

Gutiérrez, F., López, M., & Martínez, R. (2021). *Factores determinantes en la disponibilidad hídrica y su impacto en el desarrollo sostenible*. Revista de Hidrología Aplicada, 15(2), 45-62.

Hernández, A., López, C., & Pérez, M. (2019). *Gestión sostenible del agua en zonas periurbanas*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Hernández, R., & Torres, L. (2021). *Contaminación de aguas subterráneas: Factores, riesgos y manejo sostenible*. Editorial Ambiental Caribe.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2014). *Metodología de la investigación*. (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Herrera, M., & Pineda, J. (2019). *Gestión de acueductos rurales en América Latina: desafíos y perspectivas*. Revista Agua y Desarrollo, 11(2), 65-82.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI). (2021). *Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. Recuperado de <https://www.indrhi.gob.do>.

Intituto Geográfico Nacional. (2023). *División Político Administrativa*. República Dominicana.

Jiménez, H., & Morales, T. (2020). *Disponibilidad hídrica y recursos subterráneos*. Revista de Ciencias Ambientales, 12(1), 23–37.

López, F., & Fernández, J. (2020). *Calidad del agua y sostenibilidad ambiental: fundamentos y aplicaciones*. Revista Caribeña de Recursos Naturales, 15(2), 45-68.

López, F., Martínez, R., & Delgado, P. (2021). *Impacto del abastecimiento hídrico en zonas periurbanas*. Ingeniería y Desarrollo, 39(3), 112-130.

López, J., & Ramírez, M. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en zonas rurales: Aspectos físicos, químicos y biológicos*. Editorial Académica del Caribe.

López, R., & García, P. (2020). *Gestión comunitaria del agua: estrategias de involucramiento social*. Revista de Ciencias Ambientales, 15(1), 33–50.

López, R., & Herrera, P. (2019). *Abastecimiento de agua y sostenibilidad en comunidades rurales*. . Revista Latinoamericana de Recursos Hídricos, 15(2), 45-60.

- López, R., Sánchez, V., & Martínez, J. (2023). *Calidad del agua de pozos rurales*. Cotuí, República Dominicana: Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).
- López, S., & Morales, E. (2016). *Disponibilidad de agua en comunidades rurales del Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana.
- Martínez, A., & López, R. (2021). *Cobertura vegetal y gestión del agua en ecosistemas tropicales*. Editorial Científica del Caribe.
- Martínez, A., & Rodríguez, R. (2022). *Disponibilidad hídrica y gestión de cuencas rurales en el Caribe*. Revista Internacional de Recursos Hídricos, 14(1), 45-63.
- Martínez, C., & Rodríguez, P. (2022). *Variabilidad climática y disponibilidad de agua en cuencas rurales del Caribe*. Santo Domingo. Universidad Autónoma de Santo Domingo, Departamento de Ciencias Ambientales.
- Martínez, D., & Santos, R. (2020). *Abastecimiento urbano de agua en comunidades rurales*. Santiago, República Dominicana: Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra.
- Martínez, R., & Rodríguez, P. (2022). *Estacionalidad de lluvias y disponibilidad hídrica en el Caribe: retos para la gestión sostenible*. Revista Caribeña de Ciencias Ambientales, 14(2), 55-72.
- Martínez, R., Gómez, A., & Sánchez, P. (2020). *Efectos de la deforestación en la recarga de acuíferos y la escorrentía superficial*. Revista de Ciencias Ambientales, 12(1), 33-50.
- Mendoza, A., & Salazar, J. (2021). *Infraestructura hídrica y desarrollo sostenible en contextos rurales*. Editorial Horizonte.
- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD). (2020). *Ministerio de Economía, Planific Diagnóstico de los recursos hídricos: Pacto por el Agua 2020*. República Dominicana: Recuperado de.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Informe nacional de recursos hídricos*. Santo Domingo, RD.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana. (2020). *Informe sobre el estado del agua en la República Dominicana*. Recuperado de <https://www.gob.do>.
- Morales, F., & Gutiérrez, L. (2021). *Desafíos en la gestión del agua potable en comunidades rurales de América Latina*. . Revista de Recursos Hídricos y Sostenibilidad, 12(2), 45-62. <https://doi.org/10.5555/rrhs.2021.12.2.45>.

- Naciones Unidas. (2019). *Dominican Republic | Department of Economic and Social Affairs*. Recuperado de <https://sdgs.un.org/basic-page/dominican-republic-34123>.
- Naciones Unidas. (2019). *Informe sobre agua y saneamiento en América Latina y el Caribe*. ONU.
- OMS. (2024). *Saneamiento*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Agua potable y saneamiento*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *Directrices para la calidad del agua potable*. OMS.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2021). *Gestión integral de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe*. OPS.
- Pérez, H., & Morales, R. (2020). *Topografía, suelos y gestión del agua en zonas tropicales: un estudio de caso en República Dominicana*. Editorial Académica del Caribe.
- Pérez, H., & Santana, L. (2020). *Impacto del uso del suelo en la disponibilidad hídrica de cuencas rurales en el Caribe*. Revista Internacional de Recursos Hídricos, 12(2), 55-72.
- Pérez, H., & Torres, M. (2019). *Planificación urbana y sostenibilidad de recursos hídricos*. Editorial Universitaria del Caribe.
- Pérez, H., López, M., & Torres, M. (2020). *Calidad del agua y eventos meteorológicos extremos en cuencas rurales*. Editorial Universitaria del Caribe.
- Pérez, J., & López, M. (2019). *Impacto de agroquímicos en aguas subterráneas y salud humana*. Editorial Científica Latinoamericana.
- Pérez, R., & Fernández, L. (2015). *Evaluación de la calidad de aguas subterráneas en cuencas agrícolas*. México.
- Pérez, R., & Fernández, L. (2017). *Monitoreo de la calidad del agua subterránea en zonas agrícolas*. Ciudad de México, México.
- Pimentel, R. (2017). *Contaminación de las aguas en República Dominicana*. Recuperado de <https://www.iagua.es/blogs/hector-rodriguez-pimentel/contaminacion-aguas-republica-dominicana>.
- Ramírez, A., & Duarte, J. (2022). *Expansión periurbana y desafíos en la provisión de agua potable*. Revista Agua y Territorio, 9(1), 77-92.

- Ramírez, A., & Sánchez, M. (2021). *Influencia del suelo y relieve en la distribución del recurso hídrico en cuencas hidrográficas*. Revista Caribeña de Ciencias Ambientales, 15(1), 32-50.
- Ramírez, F., & Torres, E. (2021). *Abordajes comunitarios para la gestión del agua potable en áreas rurales y periurbanas*. Santo Domingo: Fondo Editorial de Hidrología.
- Ramírez, P., & Pérez, M. (2023). *Infraestructura hídrica y abastecimiento en comunidades rurales del Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Ramos, J., Delgado, F., & Morales, P. (2022). *Potencial hídrico en cuencas rurales de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rivera, L., & Méndez, R. (2020). *Contaminación biológica de aguas subterráneas en comunidades rurales: riesgos y estrategias de mitigación*. Editorial Hidrosalud.
- Rodríguez, L., & Martínez, C. (2022). *Gestión comunitaria del agua en territorios rurales del Caribe*. Universidad Autónoma del Caribe.
- Rodríguez, M., & Fernández, P. (2022). *Prácticas sostenibles de uso del suelo y conservación hídrica en comunidades rurales*. Revista Caribeña de Medio Ambiente, 17(1), 28-45.
- Rojas, P., Castillo, M., & Herrera, L. (2021). *Conservación y sostenibilidad del agua en comunidades rurales*. Revista de Desarrollo Sostenible, 9(3), 55–70.
- Sánchez, D., & Ramírez, J. (2023). *Evaluación del potencial hídrico en la cuenca de Zambrana Abajo*. Cotuí, República Dominicana.
- Torres, J., & Aguilar, F. (2020). *Sistemas rurales de agua y organización comunitaria en América Latina*. Editorial Recursos Hídricos.
- Torres, J., & Jiménez, M. (2020). *Desafíos en la cobertura de agua potable en zonas periurbanas*. Revista Agua y Sociedad, 8(1), 77-93.
- Torres, R., & Gómez, M. (2021). *Participación comunitaria en la gestión del agua urbana*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Water Action Hub. (2020). *Recursos hídricos subterráneos y gestión sostenible*. Global Water Partnership.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario aplicado a la comunidad

Universidad Tecnológica del Cibao Oriental

Universidad patrimonio de la comunidad



Estimado(a) participante: el presente cuestionario forma parte de un estudio académico cuyo objetivo es determinar el **potencial hídrico para el abastecimiento urbano en la cuenca de Zambrana Abajo, La Cabirma, Sánchez Ramírez**. Sus respuestas claras y sinceras son de gran interés y relevancia, ya que permitirán obtener información valiosa que contribuirá al beneficio de toda la comunidad y de los actores involucrados en la investigación. Le aseguramos que no es necesario firmar ni proporcionar datos que permitan identificarle, ya que la información será tratada de manera confidencial y exclusivamente con fines científicos y académicos.

Agradecemos profundamente su colaboración y disposición para participar en este proceso.

Instrucciones: A continuación, conteste las siguientes preguntas marcando con una “X” la opción que corresponda a su consideración.

1. Edad:

- a) Menos de 18 años
- b) 18 a 30 años
- c) 31 a 50 años
- d) Más de 50 años

2. Sexo:

- a) Masculino
- b) Femenino

3. Nivel educativo alcanzado:

- a) Ninguno
- b) Primaria
- c) Secundaria
- d) Técnico o universitario

4. Ocupación principal:

- a) Agricultor/a
- b) Comerciante
- c) Estudiante
- d) Ama de casa
- e) Otro: _____

5. Tiempo de residencia en la comunidad:

- a) Menos de 1 año
- b) 1–5 años
- c) Más de 5 años

Sección 2: Uso y acceso al agua

6. ¿Cuál es su fuente principal de agua?

- a) Pozo
- b) Río o arroyo
- c) Acueducto
- d) Camión cisterna
- e) Otro: _____

7. ¿Con qué frecuencia dispone de agua en su hogar?

- a) Todo el día
- b) Solo por horas
- c) Algunos días a la semana
- d) Escasamente

8. ¿Cuál es el uso principal del agua en su hogar? (puede marcar más de una)

- a) Abastecimiento para consumo humano y suplir servicios de agua potable y saneamiento.

- b) Riego y usos agrarios.
- c) Generación hidroeléctrica.
- d) Usos industriales.
- e) Pesca y acuicultura.
- f) Usos recreativos.
- g) Navegación y transporte acuático.
- h) Otros usos y aprovechamientos.

Sección 3: Calidad del agua

9. ¿Considera que el agua que consume es potable?

- a) Sí
- b) No
- c) A veces

10. ¿Ha presentado su familia problemas de salud asociados al consumo de agua?

- a) Sí
- b) No

Si respondió “Sí”, indique cuáles: _____

11. ¿Realiza algún tratamiento del agua antes de consumirla?

- a) Hervido
- b) Filtrado
- c) Clorado
- d) No hace nada

Sección 4: Percepción y participación comunitaria

12. ¿Considera que el abastecimiento de agua en la comunidad es suficiente?

- a) Sí
- b) No

Si respondió “No”, explique: _____

13. ¿Ha participado alguna vez en actividades de conservación o manejo del agua en la comunidad?

- a) Sí b) No

14. Según su opinión, ¿cuáles son los principales problemas que afectan el agua en la zona?

- a) Escasez
- b) Contaminación
- c) Falta de infraestructura
- d) Otro: _____

Anexo 2. Fotografía realizada en la zona de estudio

Foto 1: Aplicación de cuestionario.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 2: aplicación del instrumento en la comunidad.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 3: Localización de pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 4: Localización de pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 5: Localización de pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 6: Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 7: Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 8: Localización de pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 9: Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 10. Pozo de abastecimiento



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 11. Pozo de abastecimiento



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 12. Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 13. Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Foto 14. Pozo de abastecimiento.



Fuente: Moya, Fermín, Marte y García, 2025.

Anexo 3. Certificados de las pruebas de laboratorios



INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-INDRHI
CENTRO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LOS ESTADOS INSULARES DEL CARIBE
ÁREA DE CALIDAD DE AGUA Y GESTIÓN AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



FORMULARIO DE REPORTE DE SALIDA DE DATOS

Solicitante	Monteiri P. Frenelisi	Lugar	Distrito Nacional
Clasificación		Fecha	12 de diciembre de 2015
Operador			

FORMULARIO DE REPORTE DE SALIDA DE DATOS

Fecha de Muestra	pH	CE (µS/cm)	Ca+2 (mg/l)	Mg (mg/l)	Na+ (mg/l)	CO3 (mg/l)	HCO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	D.T. (mg/l)	Alc. (mg/l)	STD (mg/l)	RAS	Clase	Lugar y Fuente
2/12/2015	8.80	386.00	18.43	5.58	62.01	0.00	122.00	77.53	58.20	100.00	193.00	3.53	C2S1	Pozo, El Lupo, Zambana Abajo
2/12/2015	8.05	112.00	3.88	6.69	14.61	0.00	73.20	1.85	24.25	60.00	56.00	1.29	C1S1	Pozo, El Lupo, Zambana
2/12/2015	7.98	274.00	17.46	2.23	40.71	0.00	122.00	18.46	48.50	100.00	137.00	2.54	C2S1	Tinaco, El Lupo, Zambana Abajo
2/12/2015	7.71	507.00	32.98	4.46	74.22	0.00	109.80	118.14	92.15	90.00	254.00	3.36	C2S1	Tinaco, La Cabaña
2/12/2015	8.13	2349.00	71.78	6.69	451.03	0.00	134.20	701.48	194.00	110.00	1175.00	14.08	C4S2	Pozo, La Cabaña
Valores Límites	6.5-8.5							250.00			1,000.00			

Aprobado Por:

Enc. Área de Calidad
de Agua y Gestión
Ambiental

Sometido Por:

Verificado Por:

Laboratorio Calidad de

Realizado Por:

Enc. Área de Fisiocquímico



INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS-INDRHI
 PARA LA GESTION SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HIDRICOS EN LOS ESTADOS INSULARES DEL CARIBE (C
 AREA DE CALIDAD DE AGUA Y GESTION AMBIENTAL
 LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS

FORMULARIO DE REPORTE DE SALIDA DE DATOS

Solicitante	Marleni P. Framelsi	Distrito Nacional
Clasificación		12 de diciembre de 2025
Operador		

FORMULARIO DE REPORTE DE SALIDA DE DATOS

Fecha de Muestreo	Coliformes Totales nmp/100 ml	Coliformes fecales nmp/100 ml	Pseudomonas	Lugar y Fuente
2/12/2025	17,00	11,00	Ausente	Pozo, El Lipio Zambrana Abajo
2/12/2025	21,00	14,00	Presente	Pozo, El Lipio , Zambrana
2/12/2025	<1,8	<1,8	Ausente	Tinaco, El Lipio , Zambrana Abajo
2/12/2025	17,00	11,00	Presente	Tinaco, La Cabirma
2/12/2025	24,00	11,00	Presente	Pozo, La Cabirma
Valores Límites	6,5-8,5			

Aprobado Por:


 Enc. Area de Calidad de Agua y
 Gestión Ambiental



Verificado Por:


 Enc. Laboratorio Calidad de Agua


 Enc. Area de Fisicoquimico