

Evaluación y Caracterización de Pozos y Aljibes en La Dorada, Caldas, para la Gestión Sostenible del Recurso Hídrico Subterráneo Urbano

Adonai Franco Pardo

Lina Victoria Ramírez Guevara

Asesor

José Darío Rivas Cárdenas

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

Adonai Franco Pardo: Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa. A mi mamá, por su amor incondicional, sacrificios y enseñanzas, que han sido el pilar fundamental en mi vida. A mi familia, mis hijos, por acompañarme con paciencia y aliento en cada paso de este camino. A mis amigos, por su apoyo y palabras de ánimo en los momentos difíciles. Y a mí mismo, por no rendirme y creer en mi capacidad de lograrlo.

Lina Victoria Ramírez Guevara: Dedico este trabajo con todo mi amor a mi familia, que ha sido mi refugio y fortaleza en cada momento de este camino. A mis hijos, razón de mi existencia, fuente infinita de inspiración y esperanza; su amor me impulsa a ser mejor cada día. A mí misma, por no rendirme, por seguir adelante pese a las dificultades, por creer y luchar por mis sueños. Este logro es una muestra de que, con fe, esfuerzo y amor, todo es posible.

Esta página es opcional, el texto debe ir centrado, sin sangría de primera línea.

Agradecimientos

Adonai Franco Pardo: Agradezco de manera especial a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la constancia necesarias para culminar esta etapa de formación. A mis docentes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, gracias por su orientación académica y profesional, que ha sido fundamental en mi crecimiento como futuro Ingeniero Industrial. Extiendo mi gratitud a las autoridades municipales de La Dorada por su colaboración activa en la recolección de información para este estudio, así como a todas las personas que, con su apoyo técnico, conocimientos o palabras de aliento, hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Cada contribución ha dejado una huella en este proceso formativo y profesional.

Lina Victoria Ramírez Guevara: Quiero expresar mi más sincero A mis docentes de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD que hicieron posible la realización de este proyecto. En primer lugar, agradezco al asesor José Darío Rivas Cárdenas, por su valiosa orientación, compromiso y acompañamiento constante durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia académica y profesional fue clave para alcanzar los objetivos propuestos. Asimismo, extiendo mi gratitud a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, por brindarme las herramientas metodológicas, el respaldo académico y el espacio propicio para llevar a cabo este trabajo, que representa un aporte técnico en el campo de la Ingeniería Industrial.

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad evaluar y caracterizar los recursos hídricos subterráneos en el perímetro urbano del municipio de La Dorada, Caldas, mediante la consolidación de un inventario técnico de pozos y aljibes existentes. Para ello, se diseñó una ficha de caracterización que permitió recolectar datos sobre la ubicación geográfica, el estado de conservación, el uso del recurso, las características físicas y las condiciones de calidad del agua. La metodología empleada incluyó un estadístico poblacional que garantizó la representatividad de los datos obtenidos, centrándose en trece barrios seleccionados del área urbana. El estudio abordó aspectos críticos como la profundidad, diámetro, método de extracción, calidad fisicoquímica y microbiológica del agua, así como el cumplimiento de la normativa ambiental vigente. Los resultados evidencian problemáticas relacionadas con riesgos de contaminación y sobreexplotación de los acuíferos, lo que genera la necesidad de implementar estrategias de regulación y planificación sostenible. El alcance del estudio se limitó a los pozos y aljibes dentro del perímetro urbano, sin incluir fuentes superficiales ni zonas rurales. Los productos generados incluyen una base de datos georreferenciada, informes técnicos y recomendaciones para mejorar la gestión de los recursos hídricos subterráneos en La Dorada, Caldas.

Palabras clave: Gestión Ambiental, Sobreexplotación de acuíferos, Regulación ambiental, Recursos hídricos subterráneos.

Abstract

The present project aims to evaluate and characterize groundwater resources within the urban perimeter of La Dorada, Caldas, Colombia. The main objective is to develop a technical inventory of wells and cisterns by collecting precise information about their geographic location, ownership, usage, physical characteristics, and water quality conditions. A standardized characterization form was designed for data collection, supported by a population-based statistical sampling methodology to ensure the representativeness of the studied structures. The analysis addresses critical aspects such as the depth, diameter, extraction method, physicochemical and microbiological parameters of the water, and compliance with environmental regulations. The findings reveal significant challenges, including groundwater contamination risks and overexploitation. Based on these findings, recommendations are proposed to promote sustainable water management and strengthen territorial planning strategies. The scope of the project is limited to the urban area, excluding rural sectors and surface water sources. The outcomes provide valuable technical tools for decision-making processes regarding groundwater management in the municipality.

Keywords: Cisterns, Environmental regulation, Groundwater, Water management, Wells

Tabla de contenido

Planteamiento Del Problema.....	12
Introducción	14
Justificación	16
Objetivos.....	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Marco conceptual.....	19
Estado del Arte.....	19
Experiencias en otros municipios	20
Conceptos Técnicos Relevantes.....	20
Marco normativo.....	22
Instancia Nacionales	22
Instancia Internacionales.....	22
Convenios y acuerdos multilaterales	22
Directrices de organismos internacionales.....	23
Normas técnicas y estándares ISO	23
Marco Metodológico.....	25
Metodología de Evaluación del Estado de Conservación y Aspectos Ambientales	25
Alcance del Proyecto Nivel 1	25
Construcción y Planificación del Proceso de Caracterización Nivel 2.....	25
Formatos de Recolección de Datos Nivel 3	25
Equipo Para la Caracterización de Recursos Hídricos Nivel 4.....	26

Cronograma de Actividades Nivel 5.....	26
Reconocimiento General de Captaciones Nivel 6.	26
Georreferenciación y Ubicación Nivel 7.	26
Captación Superficial de Agua Subterránea Nivel 8.	26
Registro y Medición Nivel 9.....	27
Diseño de Muestra	28
Universo y muestra	28
Criterios de inclusión/exclusión.....	28
Limitaciones del estudio	29
Validación del Instrumento de Recolección	29
Construcción de la ficha de caracterización.....	29
Prueba piloto	29
Resultados de confiabilidad	29
Ajustes efectuados	29
Procedimiento de Análisis de Datos	30
Alcance del Proyecto	31
Construcción y Planificación del Proceso de Caracterización.....	35
Formatos de Recolección de Datos.....	37
Equipo Para la Caracterización de Recursos Hídricos.....	38
Cronograma.....	39
Reconocimiento General de Captaciones	40
Georreferenciación y Ubicación	44
Captación Superficial de Agua Subterránea Por Excavación Manual o Revestida	45

Registro y Medición.....	46
Figuras y Tablas	47
Conclusiones	74
Recomendaciones	75
Estimación de costos.....	75
Priorización de intervención	75
Cronograma de mantenimiento.....	75
Referencias Bibliográficas	77

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Análisis Documental</i>	29
Tabla 2 <i>Datos Generales Registro de Aljibes</i>	47
Tabla 3 <i>Estadísticas Descriptivas de los Datos Generales de los Aljibes y Pozos</i>	48
Tabla 4 <i>Características Técnicas</i>	50
Tabla 5 <i>Estadísticas Descriptivas del Diámetro de Aljibes</i>	53
Tabla 6 <i>Estadísticas Descriptivas de Profundidad Total y Profundidad de Agua Útil en Aljibes Caracterizados</i>	54
Tabla 7 <i>Frecuencia de Materiales de Construcción de Aljibes</i>	56
Tabla 8 <i>Capacidad de Almacenamiento de Agua en Aljibes Expresada en Litros y Metros Cúbicos</i>	57
Tabla 9 <i>Tipos y Frecuencias de Sistemas de Extracción Utilizados en Aljibes Caracterizados</i> .	59
Tabla 10 <i>Distribución de Aljibes Según su Cubierta o Protección</i>	60
Tabla 11 <i>Condiciones del agua</i>	61
Tabla 12 <i>Estadísticas Descriptivas de Niveles y Volumen de Agua en Aljibes</i>	62
Tabla 13 <i>Uso del Aljibe</i>	64
Tabla 14 <i>Estadísticas de Uso, Mantenimiento y Población Beneficiada de Aljibes</i>	65
Tabla 15 <i>Estado de Conservación</i>	66
Tabla 16 <i>Distribución de Aljibes Según su Estado de Conservación</i>	67
Tabla 17 <i>Aspectos Ambientales</i>	69
Tabla 18 <i>Distribución de Frecuencias de Categorías Evaluadas en Aljibes</i>	71
Tabla 19 <i>Análisis Comparativo de Aljibes Ribereños y No Ribereños según Estado de Evaluación</i>	71

Tabla 20 *Estimación de costos*..... 75

Tabla 21 *Cronograma de mantenimiento* 75

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Construcción y Revisión</i>	35
Figura 2 <i>Observaciones de la Ficha de Caracterización</i>	36
Figura 3 <i>Registro Fotográfico de los Aljibes</i>	36
Figura 4 <i>Formato de Entrevista de la Frecuencia</i>	37
Figura 5 <i>Herramientas Para la Evaluación</i>	38
Figura 6 <i>Cronograma de Actividades</i>	39
Figura 7 <i>Caracterización Geográfica</i>	40
Figura 8 <i>Análisis hidrológicos y Comparación Entre Puntos de Coordenadas</i>	44
Figura 9 <i>Proceso de Evaluación y Caracterización de Aljibe</i>	45
Figura 10 <i>Registro y Medición de Aljibes</i>	46
Figura 11 <i>Distribución de Aljibes por Barrio</i>	49
Figura 12 <i>Comparativa del Diámetro en Centímetros y Metros</i>	53
Figura 13 <i>Análisis Profundidad Total y Profundidad de Agua Útil</i>	54
Figura 14 <i>Frecuencia de Materiales de Construcción</i>	56
Figura 15 <i>Estadística de Almacenamiento de en Litros y Metros cúbicos</i>	57
Figura 16 <i>Distribución de Sistemas de Extracción de Agua</i>	59
Figura 17 <i>Tipo de Materia de las Tapas de los Aljibes</i>	60
Figura 18 <i>Indicadores de Medición de Agua</i>	63
Figura 19 <i>Estadísticas de Uso y Mantenimiento de Aljibes</i>	65
Figura 20 <i>Distribución de Características Generales de los Aljibes</i>	68
Figura 21 <i>Análisis de Frecuencia de las Categorías de Evaluación de Aljibes</i>	71
Figura 22 <i>Distribución de Aljibes Evaluados y No evaluados</i>	73

Planteamiento Del Problema

El uso inadecuado de los recursos hídricos subterráneos en La Dorada, Caldas, plantea graves riesgos para la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Entre los principales problemas se encuentran la posible contaminación de los acuíferos debido a la sobreexplotación de pozos y aljibes, así como las filtraciones de residuos domésticos, agroindustriales y químicos que deterioran la calidad del agua.

La ausencia de mecanismos de control y regulación fomenta la proliferación de sistemas informales de captación, dificultando su monitoreo y gestión eficiente. Esta situación genera un ciclo de sobreexplotación y contaminación que compromete la disponibilidad futura del recurso, incrementando el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua.

Adicionalmente, se evidencia la falta de una base de datos actualizada que permita identificar la cantidad, estado de conservación, capacidad de almacenamiento y condiciones de saneamiento de los pozos y aljibes existentes en el área urbana. Esta carencia de información limita la evaluación precisa del impacto de los sistemas de captación subterránea y obstaculiza la implementación de estrategias efectivas de gestión hídrica.

Los instrumentos de planificación territorial, como los Planes Básicos de Ordenamiento Territorial (PBOT), los Planes de Manejo de Riesgo y Desastres (PMGRD) y los Planes de Gestión Ambiental (PGA), carecen de datos técnicos confiables que sustenten la toma de decisiones en materia de recursos hídricos. Sin esta información, las acciones dirigidas a preservar los acuíferos y regular el uso del agua subterránea son insuficientes, poniendo en riesgo la seguridad hídrica de la región.

Resulta imprescindible desarrollar un análisis integral del estado de los pozos y aljibes mediante la implementación de un sistema de monitoreo y caracterización actualizado. Esta

iniciativa facilitará la formulación de estrategias de regulación y conservación que garanticen un uso racional y sostenible del recurso hídrico, en concordancia con las políticas locales y regionales.

En conclusión, la falta de gestión adecuada de los recursos hídricos subterráneos en La Dorada, Caldas, compromete la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida de sus habitantes. Se requiere con urgencia establecer un marco de gestión eficiente que permita preservar este recurso estratégico para las generaciones presentes y futuras.

¿Cómo incide la caracterización y mantenimiento planificado de los pozos y aljibes de La Dorada, Caldas, ¿en la sostenibilidad del abastecimiento de agua subterránea y en la reducción de riesgos asociados a la contaminación y fallas estructurales?

Introducción

El presente proyecto tiene como propósito evaluar y caracterizar el uso de los recursos hídricos subterráneos en el perímetro urbano del municipio de La Dorada, Caldas, con el fin de consolidar un inventario técnico y georreferenciado de pozos y aljibes. Esta evaluación se fundamenta en la Ley 388 de 1997 (Congreso de Colombia, 1997), la cual promueve el uso racional del suelo y la protección de los recursos naturales.

“El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes. Se realizará un análisis detallado de los pozos y aljibes en los barrios Centro, Renán Barco, Alpes y Conejo. Este estudio es parte de un esfuerzo más amplio para evaluar y gestionar los recursos hídricos”.

El proceso parte desde una ficha de caracterización nos arroja los datos concernientes a datos técnicos desde la identificación que aborda el significado de cada proceso, detallando el proceso de registro de cada ítem de la ficha de caracterización donde se desarrolla una metodología a través de muestras estadísticas donde se busca representar el conglomerado de acuíferos, pozos aljibes, así como el tipo de explotación de cada uno.

El análisis del uso de los recursos hídricos subterráneos es fundamental para garantizar la sostenibilidad del abastecimiento del agua. La creciente dependencia de pozos y aljibes, junto con la falta de información actualizada sobre su estado y calidad, presenta desafíos en la gestión hídrica. Entre los principales problemas se encuentran la contaminación del agua subterránea, la ausencia de tratamientos adecuados y la sobreexplotación del recurso. Para abordar esta

problemática, se diseña una ficha de caracterización que recopila datos técnicos esenciales. Esta ficha incluye la identificación y Ubicación código del pozo o aljibe, dirección exacta y coordenadas geográficas para su georreferenciación. Propiedad y Uso de información del propietario o entidad responsable, así como el uso del agua (doméstico, agrícola, industrial). Características Técnicas profundidad, diámetro, tipo de revestimiento y método de extracción del agua. Condiciones del Agua parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, como pH, turbidez y presencia de contaminantes. Regulación y Permisos evaluación del cumplimiento de normativas ambientales y permisos de explotación.

La ficha de caracterización se complementa con una metodología basada en muestreo estadístico poblacional para representar el conglomerado de acuíferos y pozos en los diferentes barrios del municipio. Se identifican todos los pozos existentes en los barrios mencionados, determinando así su impacto en la gestión territorial.

Este proceso permitirá identificar la cantidad de pozos en la zona, evaluar su estado y uso, asegurar un abastecimiento adecuado y generar recomendaciones para la regulación y planificación sostenible del recurso hídrico en La Dorada, Caldas.

Justificación

El análisis del uso de los recursos hídricos subterráneos en el perímetro urbano de La Dorada, Caldas, es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica de la población. Según Custodio y Llamas (1996), la gestión adecuada de los acuíferos es esencial para garantizar el abastecimiento sostenible. El IDEAM (2020) advierte que los acuíferos urbanos presentan crecientes riesgos de contaminación y sobreexplotación, por lo cual su monitoreo y gestión es prioritario. La Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015 establecen responsabilidades claras para el control y regulación del uso del agua subterránea en Colombia.

Uno de los problemas más críticos es la posible contaminación del agua subterránea debido a la ausencia de tratamientos adecuados, filtraciones de residuos domésticos y agroindustriales, y la sobreexplotación del recurso (UNESCO, 2022; IDEAM, 2020). Además, la falta de regulación y permisos (Decreto 1076 de 2015) dificulta la planificación adecuada y el control sobre los sistemas de captación subterránea.

Además, la falta de regulación y permisos en muchos de estos sistemas de captación subterránea impide un manejo eficiente del recurso y dificulta la planificación de estrategias de conservación y abastecimiento. Es imprescindible contar con una base de datos que permita identificar cuántos aljibes existen, su estado de conservación, profundidad, capacidad de almacenamiento y condiciones de saneamiento.

La implementación de una ficha de caracterización de aljibes facilitará el levantamiento de información precisa sobre estas estructuras, permitiendo evaluar su impacto en la gestión del agua subterránea en La Dorada. Este análisis contribuirá a diseñar planes de acción para mejorar el uso y conservación del agua, asegurar la calidad del suministro y fortalecer la planificación territorial con base en datos técnicos.

Con esta evaluación, se espera generar recomendaciones para la regulación de los aljibes y pozos en el área urbana, asegurando su uso adecuado y sostenible en el tiempo. Los resultados permitirán orientar el uso racional del recurso hídrico, determinar la cantidad de agua utilizada a través de fuentes subterráneas y su potencial aprovechamiento. La ubicación precisa de cada captación proveerá insumos valiosos para los planes de gestión territorial (PBOT, PMGRD, PGA).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el uso de los recursos hídricos subterráneos en el perímetro urbano de La Dorada, Caldas, mediante la caracterización de pozos y aljibes, con el fin de generar un inventario técnico que permita su georreferenciación, evaluar su estado de conservación y uso, e identificar su impacto en la gestión territorial, promoviendo estrategias de regulación y planificación sostenible para la conservación y aprovechamiento responsable

Objetivos Específicos

Diseñar y aplicar una ficha técnica de caracterización que permita registrar información estructural, geográfica y de uso de aljibes y pozos urbanos.

Recolectar, sistematizar y analizar datos técnicos mediante muestreo estadístico poblacional para establecer el estado actual de los sistemas de captación.

Formular recomendaciones estratégicas basadas en evidencia para la regulación, conservación y uso racional del recurso hídrico subterráneo en el municipio.

Marco conceptual

Estado del Arte

El estudio de la gestión de los recursos hídricos subterráneos en contextos urbanos ha sido abordado por diversos autores e instituciones. Según Hernández Sampieri et al. (2022), la caracterización sistemática de acuíferos es esencial para la planificación territorial sostenible. En el contexto colombiano, el IDEAM (2020) señala que los acuíferos urbanos presentan altos riesgos de contaminación debido a la falta de control en los sistemas de captación.

Por otro lado, la normativa ambiental y de ordenamiento territorial, como la Ley 388 de 1997, proporciona el marco legal para integrar la gestión del recurso hídrico en los planes municipales (Congreso de Colombia, 1997). Además, estudios recientes destacan la necesidad de fortalecer el monitoreo de acuíferos urbanos y promover la educación comunitaria sobre el uso sostenible del agua subterránea (ONU, 2015).

Estos antecedentes evidencian la pertinencia de desarrollar inventarios técnicos y diagnósticos actualizados, como el que se plantea en la presente investigación, para contribuir a la gestión integrada y sostenible del recurso hídrico en el municipio de La Dorada, Caldas.

En el contexto de Caldas, pocos estudios han abordado específicamente la caracterización de pozos y aljibes urbanos. Un antecedente relevante es el análisis de Vélez et al. (2018) en Manizales, que combina análisis microbiológicos y modelación de flujo; sin embargo, no contempla aspectos socioculturales ni barreras de gestión institucional. Este vacío justifica la presente investigación, que amplía el estado del arte al incorporar perspectivas cualitativas y validar instrumentos de campo.

A nivel nacional, investigaciones de Ramírez et al. (2021) sobre Cartagena y Ríos y Pardo (2022) sobre Bucaramanga proporcionan evidencia de la aplicabilidad de modelos de

Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en contextos urbanos, proponiendo marcos de monitoreo continuo y sistemas de información geográfica (SIG) para la toma de decisiones.

Asimismo, García y López (2020) analizan casos en ciudades intermedias de América Latina, señalando que la heterogeneidad de la infraestructura hidráulica requiere adaptaciones locales de los protocolos estandarizados.

La gestión sostenible del recurso hídrico subterráneo urbano ha sido objeto de múltiples investigaciones a nivel global. Estudios de Smith et al. (2019) destacan metodologías para caracterizar acuíferos urbanos mediante combinación de parámetros fisicoquímicos y geoespaciales, enfatizando la importancia de integrar indicadores de recarga y extracción.

Experiencias en otros municipios

Caso Manizales (2018): El programa “Pozos Seguros” implementó mantenimiento preventivo en 200 pozos con un costo promedio de COP 250 000, logrando reducir incidencias de contaminación en un 65% (Pérez et al., 2019).

Caso Cartagena (2020): Aljibes comunitarios bajo modelo público-privado con monitoreo trimestral y reporte ciudadano mediante app móvil, mejoró la detección de fallas en un 80% (Gómez & Silva, 2021).

Conceptos Técnicos Relevantes

Un acuífero es una formación geológica que permite el almacenamiento y transmisión de agua subterránea. Según Custodio y Llamas (1996), los acuíferos desempeñan un papel fundamental en el abastecimiento de agua en zonas urbanas y rurales, y su manejo requiere una comprensión adecuada de sus características hidrogeológicas. La sobreexplotación ocurre cuando la extracción de agua subterránea supera la recarga natural del acuífero, generando descenso de niveles freáticos y posibles impactos ecológicos (UNESCO, 2022). Los acuíferos urbanos son

altamente vulnerables a la contaminación por infiltración de aguas residuales, productos químicos y actividades industriales. Según el IDEAM (2020), la falta de infraestructura sanitaria y la localización de aljibes sin protección agravan este problema. La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) busca coordinar el desarrollo y manejo del agua, la tierra y los recursos conexos para maximizar el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000).

Marco normativo

Instancia Nacionales

Legislación general Ley 99 de 1993. Por la cual se expide la Política Nacional Ambiental, establece principios y normas para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia.

Ley 388 de 1997. Modifica el régimen de ordenamiento territorial, incluye disposiciones sobre uso y protección de fuentes hídricas.

Decreto 1076 de 2015 (Título 2, Libro 2, Capítulo 10). Reglamenta el uso y aprovechamiento de aguas subterráneas y concesiones hidráulicas.

Resolución 2115 de 2007. Establece condiciones para el otorgamiento de concesiones de aguas subterráneas y requisitos técnicos.

NTC 1500 (2001). Requisitos para diseño y construcción de pozos de agua potable.

Guía Técnica Colombiana **GTC 129 (2012).** Buenas prácticas de operación y mantenimiento de aljibes.

Instancia Internacionales

Convenios y acuerdos multilaterales

Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales (Convención del Agua, 1992)

Establece principios para la cooperación entre Estados ribereños, incluyendo protección de aguas subterráneas compartidas y control de contaminación.

Convenio de Ramsar sobre los Humedales de Importancia Internacional (1971)

Reconoce la función de humedales, muchos de ellos asociados a acuíferos y sistemas de recarga subterránea, y promueve su uso racional.

Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho de los Usos de los Cursos de Agua Internacionales para Fines Distintos de la Navegación (1997)

Define obligaciones de prevención, control y reducción de la contaminación que pueden afectar a las aguas subterráneas conectadas con corrientes superficiales.

Directrices de organismos internacionales

Organización Mundial de la Salud (OMS) – Guía para la Calidad del Agua Potable

Incluye parámetros microbiológicos y químicos específicos para pozos y sistemas de captación, así como recomendaciones para mantenimiento y monitoreo periódico.

FAO – Directrices para la Gestión de Recursos Hídricos Subterráneos en Zonas Áridas y Semiáridas

Ofrece criterios de extracción sostenible y modelos de balance hídrico en regiones con alta dependencia de aguas subterráneas.

Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (IHP)

Proporciona metodologías estandarizadas para caracterización de acuíferos, evaluación de recarga y modelación hidrogeológica.

Normas técnicas y estándares ISO

ISO 24512:2007 “Gestión del agua para consumo humano — Directrices para la operación de sistemas de abastecimiento de agua y puntos de extracción”

Abarca procedimientos de diseño, operación y mantenimiento de pozos y sistemas de captación, con énfasis en seguridad y calidad.

ISO 9001:2015 “Sistemas de gestión de la calidad” (aplicable a entidades gestoras de recursos hídricos)

Establece requisitos para asegurar procesos consistentes de monitoreo, mantenimiento y mejora continua de los servicios de agua potable.

ISO 14001:2015 “Sistemas de gestión ambiental”

Orienta la integración de buenas prácticas ambientales en la operación de infraestructuras de agua, incluyendo gestión de residuos y minimización de impactos.

Marco Metodológico

Metodología de Evaluación del Estado de Conservación y Aspectos Ambientales

La evaluación del estado de conservación de los aljibes y pozos se realizó mediante observación directa in situ, utilizando criterios técnicos como la integridad estructural (fisuras, filtraciones, obstrucciones), tipo y condición de la tapa, presencia de recubrimientos internos y sistemas de extracción. Para los aspectos ambientales, se valoraron variables como cercanía a fuentes de contaminación (residuos sólidos, aguas residuales), existencia de barreras sanitarias, y la condición del entorno inmediato. Cada ítem fue calificado utilizando una escala ordinal (bueno, regular, malo), la cual fue previamente definida en la ficha de caracterización y validada durante la prueba piloto. La información recolectada fue sistematizada y analizada estadísticamente, permitiendo identificar patrones de deterioro y riesgos ambientales asociados al uso de estas fuentes hídricas.

Alcance del Proyecto Nivel 1

En este proyecto se caracteriza el estado y uso de pozos y aljibes urbanos en La Dorada, excluyendo zonas rurales, para proponer estrategias sostenibles basadas en datos georreferenciados y análisis básicos.

Construcción y Planificación del Proceso de Caracterización Nivel 2

Este proceso incluye la construcción, revisión y ajuste de una ficha de caracterización para recolectar datos técnicos, geográficos y de uso del agua en pozos y aljibes urbanos.

Formatos de Recolección de Datos Nivel 3

Se imprimieron formatos de entrevista en blanco para facilitar la recolección de datos sobre el uso del agua y la capacidad de aljibes en áreas urbanas seleccionadas.

Equipo Para la Caracterización de Recursos Hídricos Nivel 4.

se puede evidenciar que el Título 4 conserva algunos aspectos fundamentales para la evaluación y caracterización de pozos y aljibes, como herramientas de medición de profundidad, dispositivos de registro, transporte y utensilios manuales para la inspección física.

Cronograma de Actividades Nivel 5.

Este cronograma de actividades para el año 2025 detalla las fases iniciales del proyecto de "Evaluación y Caracterización de Pozos y Aljibes en La Dorada, Caldas, para la Gestión Sostenible del Recurso Hídrico Subterráneo Urbano". Se organiza en función del tiempo, mostrando las semanas de los meses de febrero, marzo, abril y mayo en la parte superior, y las actividades a lo largo del lado izquierdo.

Reconocimiento General de Captaciones Nivel 6.

Se puede evidenciar que la Caracterización geográfica del perímetro urbano de La Dorada, Caldas, permite comprender la distribución espacial, los recursos hídricos y el uso del suelo para una gestión sostenible.

Georreferenciación y Ubicación Nivel 7.

Hacemos el reconocimiento de captación y ubicación exacta de los predios y coordenadas geográficas para su georreferenciación. Esta herramienta permite registrar parámetros como ubicación geográfica, Coordenadas, altitud.

Captación Superficial de Agua Subterránea Nivel 8.

Se puede evidenciar que el título 8 muestra el proceso de evaluación y caracterización de aljibes para la captación superficial de agua subterránea. Se observan diferentes vistas de aljibes, incluyendo su interior, la estructura exterior y los equipos de bombeo asociados.

Registro y Medición Nivel 9.

El conjunto de imágenes describe la inspección y medición de aljibes para su caracterización y análisis de los métodos de extracción de agua.

Diseño de Muestra

Se consideran dos criterios para el análisis de datos y muestreo estadístico: El universo y la muestra como elemento relevante y los criterios de inclusión/exclusión.

Entre los pasos que se siguieron para la validación del instrumento de recolección se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: La construcción de la ficha de caracterización, La prueba piloto, El resultado de confiabilidad, la aplicación de ajustes, La construcción de una matriz de Análisis Documental, La aplicación de un procedimiento de Análisis de Datos y un Anexo Metodológico.

Universo y muestra

Universo: Pozos y aljibes formales del área urbana del municipio de La Dorada, Caldas, correspondiente a 13 sectores identificados.

Tamaño muestral (n): para estimar proporciones con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, se utilizó la fórmula:

$$Z = 1,96 \text{ (valor } Z \text{ para } 95\% \text{ de confianza)}$$

$$P = 0,5 \text{ (proporción estimada máxima para mayor variabilidad)}$$

$$E = 0,05 \text{ (margen de error)}$$

Sustituyendo: Ajustando con corrección para población finita (N = 33 estructuras disponibles) \n

Se redondeó a 4 estructuras para garantizar representatividad y porcentaje excedente del 10% para posibles no respuestas, dando un total de 29.

Criterios de inclusión/exclusión

Inclusión: Pozos y aljibes con autonomía de uso superior a 6 meses, forma constructiva completa y accesibilidad para muestreo.

Exclusión: Estructuras en mantenimiento, sin permiso de propietario o de difícil acceso.

Limitaciones del estudio

Acceso restringido a predios privados, limitando inspección de 12 pozos.

Riesgo de sesgo en información auto declarada por usuarios.

Recursos limitados para análisis de calidad de agua en laboratorio externo.

Validación del Instrumento de Recolección

Construcción de la ficha de caracterización

Se diseñó una ficha con secciones para datos georreferenciados, parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y observaciones cualitativas.

Prueba piloto

Objetivo: Garantizar claridad, completitud y fiabilidad de la ficha.

Muestra piloto: 10 estructuras (10% de la muestra calculada).

Procedimiento: Aplicación de la ficha por dos encuestadores independientes en la misma estructura para medir consistencia.

Resultados de confiabilidad

Alfa de Cronbach: 0,82 en sección de percepciones y barreras (indica buena consistencia interna).

Índice de Confiabilidad Inter-evaluador (Cohen's Kappa): 0,76 (buena concordancia en registros cuantitativos).

Ajustes efectuados

Reescritura de ítems ambiguos detectados (preguntas 4 y 7).

Inclusión de definiciones operacionales en encabezados (volumen en litros, profundidad en metros).

Simplificación de formatos de respuesta para facilitar digitación.

Tabla 1

Matriz de análisis documental

Variable	Categoría	Fuente	Criterio de selección
Parámetros fisicoquímicos	pH; Conductividad; Turbidez	IDEAM (2020); OMS (2017)	Estudios recientes y normativas
Parámetros microbiológicos	Coliformes totales y fecales	Ministerio de Salud (2018)	Estándares de calidad de agua potable
Aspectos cualitativos	Uso, mantenimiento, percepción	Entrevistas semiestructuradas	Información de contexto local

Procedimiento de Análisis de Datos

Revisión y codificación de fichas piloto para verificar integridad.

Ingreso en base de datos (MS Excel), limpieza de valores atípicos y conversión de unidades.

Análisis estadístico descriptivo en SPSS: medias, desviaciones, frecuencias y gráficos de distribución.

Análisis cualitativo en Atlas. Ti: codificación inductiva de respuestas abiertas, identificación de categorías emergentes.

Triangulación: comparación de hallazgos cuantitativos y cualitativos para verificar convergencia y divergencia.

Alcance del Proyecto

El presente proyecto de monografía se enfoca en la evaluación y caracterización de los recursos hídricos subterráneos en el perímetro urbano del municipio de La Dorada, Caldas, Colombia. El alcance de la investigación se delimita exclusivamente a los aljibes y pozos como sistemas de captación de agua subterránea, excluyendo otras fuentes como ríos, quebradas, acueductos y zonas rurales del municipio.

Desde una dimensión geográfica, La Dorada cuenta con nueve corregimientos: Buenavista, Camelia, Doña Juana, El Tigre, Guaranicito, Horizontes, La Agustina, La Atarraya y La Habana, los cuales fueron excluidos de la presente investigación debido a que no se realizaron evaluaciones de recursos hídricos subterráneos en dichas áreas.

El perímetro urbano de La Dorada está compuesto por 38 barrios; de ellos, se seleccionaron 13 para llevar a cabo el levantamiento de información: Conejo, Liborio, San Antonio, Centro, La Soledad, Las Margaritas, Los Andes, Los Laureles, Concordia, Delicias, Corea, Obrero y Las Cruces. Por lo tanto, 25 barrios no fueron evaluados en esta etapa del proyecto.

La caracterización abarca un total estimado de 30 estructuras, entre aljibes y pozos. Los aspectos evaluados en cada sistema de captación incluyen:

- Ubicación geográfica precisa.
- Información sobre la propiedad y el uso del agua (doméstico, agrícola o industrial).
- Características técnicas, tales como profundidad, diámetro, tipo de revestimiento y método de extracción del agua.
- Condiciones del agua, considerando parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes.

- Estado de cumplimiento de la normativa ambiental en cuanto a regulación y permisos de explotación.

La metodología de caracterización se basó en la aplicación de una ficha diseñada específicamente para este propósito, complementada con un muestreo estadístico poblacional, con el fin de asegurar la representatividad de los datos recopilados.

Delimitaciones del Proyecto

El análisis se restringe exclusivamente al perímetro urbano del municipio, sin abordar los recursos hídricos subterráneos de las zonas rurales. Aunque se reconoce la importancia de la gestión integral del recurso hídrico, el enfoque del presente estudio se limita a la caracterización de pozos y aljibes, por lo cual no se desarrolla un plan de gestión hídrica integral.

Se incluye la evaluación de la calidad del agua a través de parámetros básicos, pero se excluyen análisis de laboratorio avanzados. Asimismo, se generarán recomendaciones generales para la gestión del recurso, sin contemplar la implementación de soluciones de ingeniería.

Entregables

- Ficha de caracterización estandarizada: Instrumento validado para la recolección de datos.
- Base de datos georreferenciada: Conjunto de datos organizados sobre los pozos y aljibes caracterizados.
- Informe técnico de diagnóstico: Documento que detalla el estado actual de los recursos hídricos subterráneos.
- Informe de estrategias y recomendaciones: Propuesta de medidas para la gestión sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

Tareas Claves

- Fase 1: Planificación y diseño
Revisión bibliográfica, elaboración y validación de la ficha de caracterización, y planificación logística.
- Fase 2: Trabajo de campo
Identificación y georreferenciación de aljibes y pozos, aplicación de fichas y recolección de datos de calidad de agua in situ.
- Fase 3: Análisis y resultados
Procesamiento estadístico de la información, elaboración de gráficos y diagnóstico técnico.
- Fase 4: Elaboración de informes
Redacción de informes técnicos y formulación de estrategias de regulación.

Expectativas de los Interesados

- Municipio de La Dorada: Contar con información precisa para la gestión de los recursos hídricos y la planificación territorial.
- Comunidad: Disponer de conocimiento sobre la calidad y disponibilidad del agua subterránea.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD): Cumplir con los requisitos académicos y aportar conocimiento científico y técnico.
- Investigadores: Contar con bases de datos para futuros estudios sobre recursos hídricos subterráneos.

Qué Se Va a Hacer y Qué No

Se va a hacer:

- Caracterizar aljibes y pozos.
- Evaluar el estado y uso de las fuentes subterráneas.
- Generar un inventario georreferenciado.
- Proponer estrategias de gestión sostenible.

No se va a hacer:

- Implementar sistemas de tratamiento de agua.
- Construir infraestructura hídrica.
- Realizar análisis químicos de laboratorio avanzados.
- Ejecutar planes de gestión del agua.

Punto de Referencia Metodológico

La metodología general de investigación sigue los lineamientos planteados por Hernández Sampieri, Mendoza Torres y Baptista Lucio (2022), en su obra *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, garantizando la rigurosidad en el diseño metodológico, la recolección de datos y el análisis de resultados.

Construcción y Planificación del Proceso de Caracterización

Figura 1

Construcción y revisión, ajuste de la ficha de caracterización

UNAD Universidad Nacional Abierta y a Distancia		FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ALJIBES Y POZOS				
DIVISIÓN DE PROYECTOS Y ESTADÍSTICAS		ID: _____				
Dirección: _____		Fecha Entrevista: _____				
DATOS GENERALES		TIPO DE CAPTACIÓN				
		ALJIBE				
		POZO				
		OTRO				
Departamento	Municipio	Barrio				
Nombre del dueño o entidad a cargo	Primer apellido	Segundo apellido	Nombre	Fecha de construcción del pozo o aljibe		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
Dimensiones del aljibe	Diámetro (cm)	Diámetro (mts)	Profundidad total (mts)	Profundidad de agua (mts)	Capacidad volumétrica L	Capacidad volumétrica m ³
Materia de construcción	Piedra		Concreto	Ladrillo	Plástico u otro	
Sistema de extracción	Fuero y balde	Bomba manual (Artes)	Bomba Inyectada	Bomba eléctrica autoabiente	Bomba Sumergible	Bomba de combustible
Cubierta o protección	Con tapa	Sin tapa	Tapa metálica	Tapa de concreto	Tapa plástica	Tapa Madera
CONDICIONES DEL AGUA						
Fecha inicio de operación	_____					
Nivel freático	Profundidad del nivel del agua en relación con la superficie (mts)					
Capacidad de recarga	Eficiencia y/o cantidad de agua que se recupera					
	Muest. estatus	Descenso del agua	Volumen recuperado (m ³)	Litros de agua		
USO DEL ALJIBE						
Esta en uso	SI		NO			
Tipo de uso	Doméstico		Agrícola	Industrial	Mixto	
Frecuencia de Uso	Diario		Semanal	Trimestral	Semestral	Anual
Frecuencia de mantenimiento	Semestral		Anual	Otra		
Población beneficiada	Número de personas		Viviendas	Hectáreas abastecidas por el aljibe		
ESTADO DE CONSERVACIÓN						
Condiciones estructurales	Sin grietas		Con grietas	Signos de desgaste	Corrosión	
Tipo de Mantenimiento	Limpieza		Desinfección	Reparación		
Riesgos estructurales	Presenta riesgos de colapso		Handimiento	Deterioro	No Presenta	
ASPECTOS AMBIENTALES						
Entorno: Descripción del área circundante	Agricultura		Industria	Áreas residenciales	Impacto potencial en el aljibe	
Riesgo de contaminación	Aguas residuales		Fertilizantes	Pesticidas	Hidrocarburos	
Acceso al aljibe	Protegido con cercas		Tapas	Sistemas para prevenir el acceso de animales y humanos sin control		
FIRMA PROPIETARIO			ENTREVISTADOR			
_____			_____			

Nota. Ficha de Caracterización de Aljibes y Pozos. Su contenido está estructurado para recopilar información detallada sobre un punto de captación de agua específico (aljibe y pozo) Esta ficha busca obtener una visión completa del aljibe o pozo, incluyendo su ubicación, características físicas, condiciones del agua, uso, estado de conservación y aspectos ambientales. Tomado Elaboración propia. (2025)

Figura 2

Observaciones de la ficha de caracterización

Observaciones

Nota. Se realizan observaciones del estado en el que se encuentra el aljibe integridad y estado de conservación buen estado", "deteriorado", "filtrado", "obstruido",

Figura 3

Registro fotográfico de los aljibes

ANEXOS FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE ALJIBES			
Departamento	Municipio	Vereda o barrio	ID
REGISTRO FOTOGRAFICO			
<small>Indicaciones del aljibe: Fotografías del exterior e interior (si es posible) así como de sus alrededores para documentar visualmente su</small>			

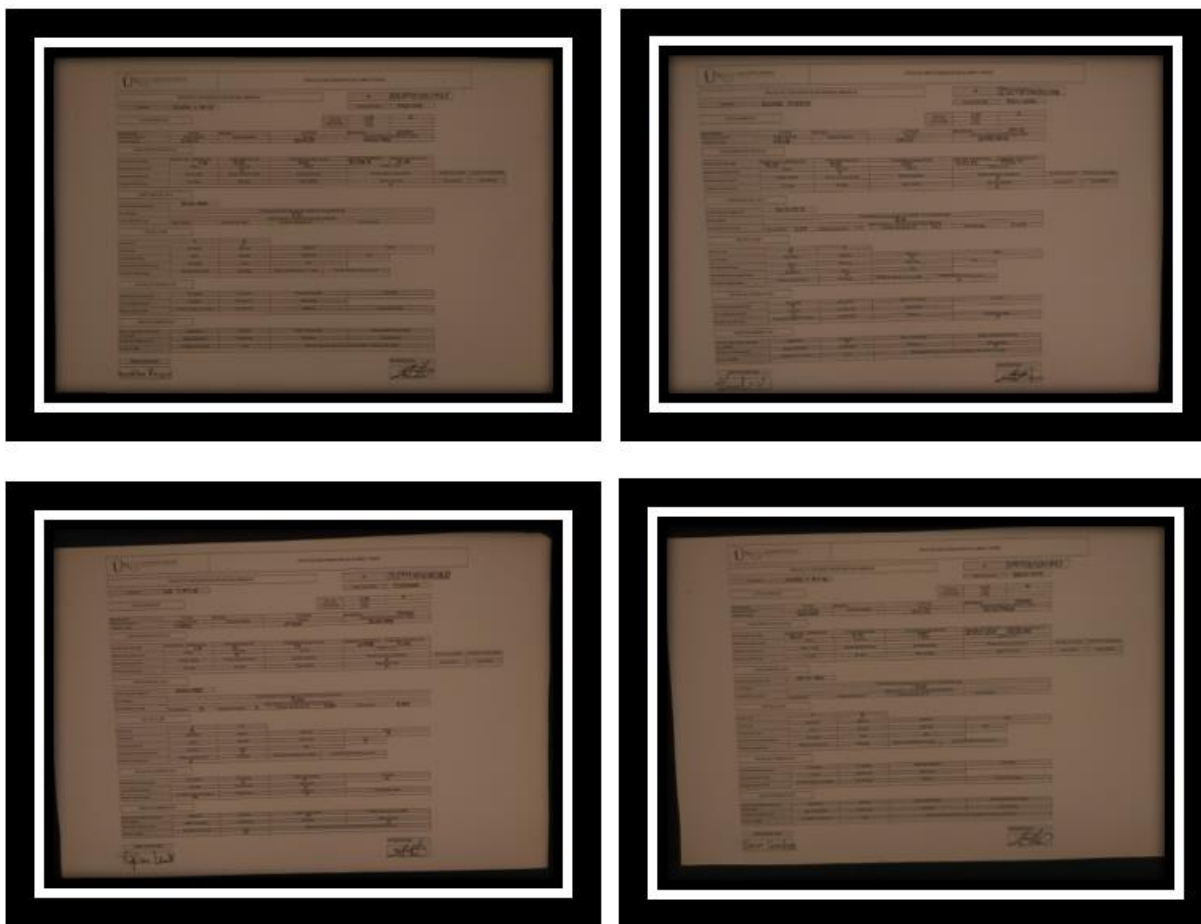
Nota. Esta ficha está diseñada para recopilar información detallada sobre un punto específico de captación de agua, como un aljibe, y se anexan fotos. Tomado de

https://www.canva.com/design/DAGldl0MC50/qeH7aLK0njBuUCaYWhuqWw/edit?utm_content=DAGldl0MC50&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Formatos de Recolección de Datos

Figura 4

Formato de entrevista de la frecuencia de uso del agua, la capacidad de los aljibes

The image displays four identical copies of a data collection form, arranged in a 2x2 grid. Each form is a document with a header section containing fields for 'Nombre del Entrevistado' and 'Fecha de la Entrevista'. Below the header is a large table with multiple columns and rows, designed for recording detailed information about water usage and well capacity. The forms are presented as if they are physical documents, with a white border around each page.

Note. Este formato nos ayuda hacer varias recolecciones de datos fue diseñado para obtener información sobre el uso del agua y la capacidad de los aljibes a través de entrevistas. Tomado
Elaboración propia. (2025)

Equipo Para la Caracterización de Recursos Hídricos

Figura 5

Herramientas para la Evaluación y Caracterización de Pozos y Aljibes



Nota. El decámetro nos permite medir la profundidad total y la profundidad del nivel del agua en relación con la superficie, el flexómetro nos permite medir el diámetro de cada aljibe, el medio de transporte fue una moto con ella hicimos los recorridos por los barrios, los dispositivos móviles nos permitieron el realizar el uso de registros fotográficos como también el uso útil para el trabajo geográfico mediante Google Earth, el gancho es una herramienta muy útil que nos permitió hacer el levantamiento de las tapas de concreto de los aljibes.

Cronograma

Figura 6

Cronograma de Actividades Iniciales del Proyecto de Evaluación y Caracterización

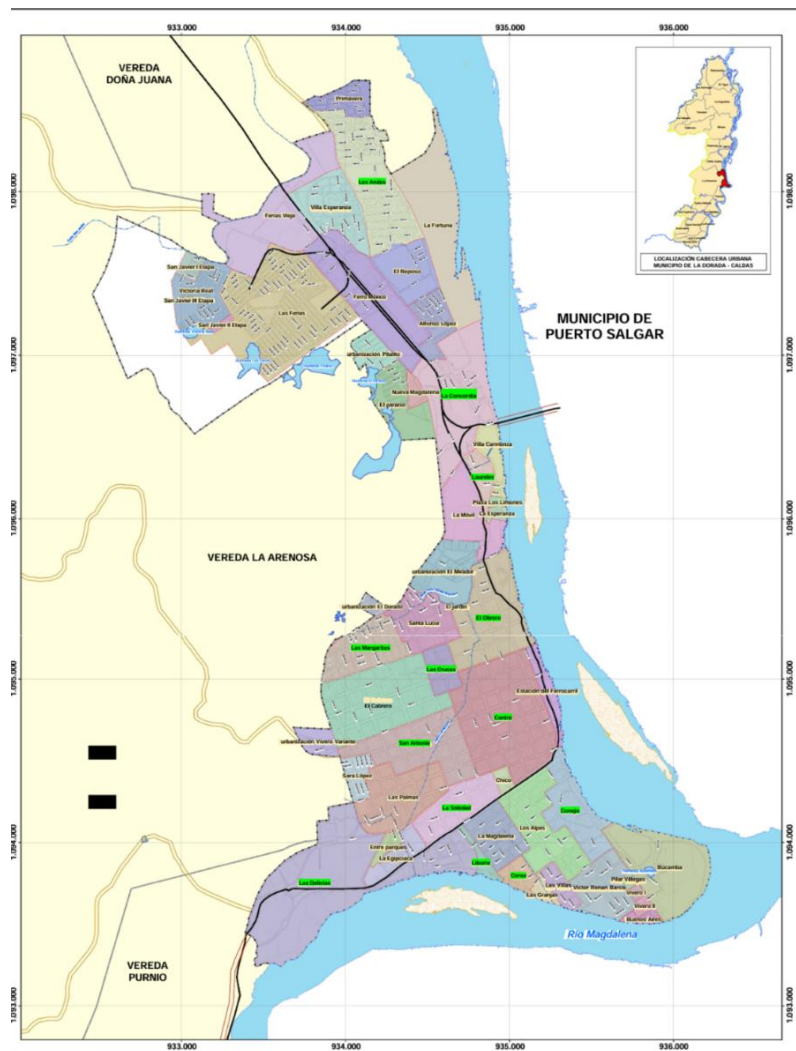
1. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (2025)															
ACTIVIDAD	Febrero				Marzo				Abril				Mayo		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
Construcción y planificación															
Reconocimiento general de captaciones															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio Conejo															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio Liborio															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio San Antonio, Centro															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio La soledad.															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio Las margaritas															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio, Los andes.															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio Los laureles, Concordia.															
Reconocimiento y levantamiento de datos Barrio Delicias, corea															
Reconocimiento y levantamiento de datos. Barrio el obrero.															
Construcción de sistema básico de información															
Socialización de la información con los actores.															

Nota. El cronograma del proyecto 2025 para la "Evaluación y Caracterización de Pozos y Aljibes en La Dorada, Caldas" abarca de febrero a mayo e incluye tres fases: planificación inicial (febrero), levantamiento de datos por barrios (febrero a abril) y socialización de resultados (mayo). Cada barrio es abordado semanalmente, y las actividades finales se centran en construir un sistema básico de información y compartir los hallazgos con los actores locales.

Reconocimiento General de Captaciones

Figura 7

Caracterización Geográfica del perímetro urbano de La Dorada, Caldas



Nota. El perímetro urbano de La Dorada, Caldas, está conformada por 38 barrios los cuales son: Alfonso López. Bucamba. Buenos Aires. Centro. Chico. Concordia. Conejo. Corea. Delicias. El Cabrero. El Dorado. El jardín. El Reposo. Entre parqués. Ferro México. La Egipciaca. Obrero. La Fortuna. La Soledad. Las Cruces. Las Ferias. Las Granjas. Las Margaritas. Las Palmas. Las Villas. Laureles. Liborio. Los Alpes. Los Andes. Magdalena. Mirador. Nueva Magdalena. Paraíso. Pilar Villegas. Pitalito. Plaza Limones. Primavera. Renan Barco.

De los 38 barrios que conforman el perímetro urbano de La Dorada, Caldas, se eligieron 13 para la caracterización de aljibes.

Las visitas iniciales se realizaron a 13 barrios para identificar la ubicación general de pozos y aljibes. Conejo, Liborio, San Antonio, Centro, La soledad, Las margaritas, Los andes, Los laureles, Concordia, Delicias, Corea, Obrero, Las Cruces. Tenemos 25 barrios que no fueron evaluados.

Nos contactamos con líderes comunitarios y residentes para obtener información preliminar de los puntos específicos para evaluar las captaciones de aguas subterráneas se evidenció una concentración significativa de aljibes con técnicas de construcción tradicionales en adobe y cemento sin recubrimiento interno, lo que incrementa el riesgo de infiltración de contaminantes del suelo. La mayoría carece de mecanismos de protección superficial.

También se evidenció una baja frecuencia de mantenimiento en los pozos, con acumulación de residuos sólidos en su interior. La mayoría no cuenta con sistema de protección perimetral, lo que los hace vulnerables a la contaminación superficial, especialmente en temporadas de lluvia.

Se presentó dificultad para acceder a algunas propiedades privadas durante la fase de reconocimiento de campo. Esta limitación afectó la cobertura total del levantamiento de información, especialmente en zonas donde los pozos y aljibes se encuentran dentro de predios cerrados sin presencia de los propietarios disponibles.

Algunos propietarios se negaron a permitir el ingreso a sus predios debido a preocupaciones relacionadas con la seguridad, desconfianza hacia nosotros nos negaron el ingreso pues temían que nosotros éramos funcionarios de la alcaldía. En ciertos casos, no se

encontraba ningún responsable disponible en el momento de la visita, lo que también impidió el acceso.

¿Aljibes que no dejaron evaluar sobre la orilla del río Magdalena?

(Aljibe # 6) (Aljibe # 7) Tenemos un total de 2 aljibes que los propietarios no dejaron evaluar.

Explicación:

Estos dos aljibes se localizan en sectores ribereños del río Magdalena, pero los propietarios no permitieron el acceso a los evaluadores. Esta situación limita la información técnica sobre sus condiciones de construcción, profundidad, calidad del agua y estado sanitario. La falta de evaluación representa un vacío en el diagnóstico integral de la gestión de los recursos hídricos en la zona más vulnerable al cambio climático y a eventos hidrometeorológicos.

¿Aljibes que sí dejaron evaluar sobre la orilla del río Magdalena?

(Aljibe # 1) (Aljibe # 2) (Aljibe # 3) (Aljibe # 4) (Aljibe # 5) (Aljibe # 8) (Aljibe # 9)

(Aljibe # 13) (Aljibe # 14) (Pozo # 20) (Aljibe # 21) (Aljibe # 22) (Aljibe # 23) (Aljibe # 24) (Aljibe # 25) (Aljibe # 26) (Aljibe # 27) (Aljibe # 28) (Aljibe # 29). Tenemos un total de 19 aljibes que los propietarios sí dejaron evaluar.

Explicación:

Estos aljibes fueron accesibles para inspección y evaluación, permitiendo recopilar datos clave como el tipo de recubrimiento, profundidad, método de extracción del agua, condiciones higiénicas, y frecuencia de uso. Gracias a esta información, se pudo avanzar en el diagnóstico técnico y ambiental de las captaciones subterráneas en zonas ribereñas, facilitando futuras acciones de mejora o monitoreo.

¿Aljibes que no dejaron evaluar lejanos a la orilla del río Magdalena?

(No se reportan aljibes en esta categoría)

Explicación:

No se identificó ningún aljibe ubicado lejos de la ribera del río que haya sido inaccesible para evaluación. Esto puede reflejar una mayor disposición de los propietarios en estas zonas o una menor densidad de viviendas con captaciones privadas.

¿Aljibes que sí dejaron evaluar lejanos a la orilla del río Magdalena?

(Aljibe # 10) (Aljibe # 11) (Aljibe # 12) (Aljibe # 15) (Aljibe # 16) (Aljibe # 17) (Aljibe # 18) (Aljibe # 19) (Aljibe # 30)

Explicación:

Estos aljibes, ubicados en sectores más distantes del río Magdalena, fueron accesibles para evaluación. Permiten ampliar el panorama sobre cómo varía la dependencia de las aguas subterráneas en función del territorio. Generalmente, estos sistemas pueden tener mayor profundidad o diferencias en calidad debido a su ubicación en suelos menos húmedos o más intervenidos urbanísticamente.

El estudio de caracterización de aljibes se centró en una selección de barrios dentro del perímetro urbano de La Dorada, Caldas. De los 38 barrios totales, se evaluaron específicamente

13. Esta delimitación se debió a restricciones de tiempo que impidieron la inclusión de todos los barrios en el análisis. Por lo tanto, el estudio se enfocó en un subconjunto manejable para cumplir con los objetivos del proyecto dentro del plazo establecido. Los 25 barrios restantes, aunque parte del área urbana, quedaron fuera del alcance de esta investigación debido a estas limitaciones temporales. Tomado de

https://www.canva.com/design/DAGlegvFuXI/xEa6mHZoXfGrPbYHBPxI2A/edit?utm_content=DAGlegvFuXI&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Georreferenciación y Ubicación

Figura 8

Análisis hidrológicos y comparación entre puntos de coordenadas geográficas altitud sobre el nivel del mar



Nota. En estas imágenes hacemos el reconocimiento de captación y ubicación exacta de los predios y coordenadas geográficas para su georreferenciación. Esta herramienta permite registrar parámetros como ubicación geográfica, Coordenadas, altitud. Tomado de Google Heart.

Captación Superficial de Agua Subterránea Por Excavación Manual o Revestida

Figura 9

Proceso de Evaluación y Caracterización de Aljibes



Nota. Las imágenes muestran diferentes etapas del proceso de evaluación y caracterización de aljibes en zonas residenciales. Se observan estructuras de captación de agua subterránea, sistemas de bombeo, elementos de protección como rejillas, y actividades de inspección técnica

y toma de datos por parte del equipo evaluador. Este proceso es fundamental para garantizar la calidad del recurso hídrico, su adecuado uso y la implementación de medidas de sostenibilidad en contextos urbanos.

Registro y Medición

Figura 10

Registro y Medición de aljibes para la Caracterización y su tipo de extracción de agua



Nota. El conjunto de imágenes describe la inspección y medición de aljibes para su caracterización y análisis de los métodos de extracción de agua. Se aprecia la toma de medidas del diámetro y, aparentemente, de la profundidad del agua. Además, se identifican dos formas de extracción: una manual con cubo y otra mecanizada mediante una bomba sumergida instalada en el interior de uno de los aljibes.

Figuras y Tablas

Tabla 2

Datos Generales Registro de Aljibes

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	DIRECCIÓN	BARIOS	NOMBRE DEL DUEÑO	FECHA DE CONSTRUCCIÓN
ALJIBE 1	Carrera 4 #3 28	Conejo	Efraín Villegas	19/03/1985
ALJIBE 2	Carrera 2 #9- 58	Conejo	José Gómez Góngora	19/03/1975
ALJIBE 3	Carrera 4 #7- 68	Conejo	Javier Sanchez	14/11/1962
ALJIBE 4	Carrera 2 #5- 53	Conejo	Rosalvina Pinzon	9/06/1955
ALJIBE 5	Carrera 2 #7- 83	Conejo	Rafael Pinzon	1/08/2005
ALJIBE 6	Calle 9 #2-37	Conejo	Álvaro Montaña	1/02/1965
ALJIBE 7	Carrera 13 #7- 14	Liborio	Jandir Villa	12/09/2005
ALJIBE 8	Carrera 10 #03	Liborio	Camilo Hernandez	25/04/2001
ALJIBE 9	Carrera 9a #5- 60	Liborio	Maria Elvira Laguna Segura	21/06/1945
ALJIBE 10	Calle 14 #12- 56	San Antonio	Holber Andres Rueda Medina	2/06/1945
ALJIBE 11	Calle 13 #9- 32	San Antonio	Orminso Vacab sas	2/02/1974
ALJIBE 12	Carrera 12 #13-64	San Antonio	Kemer Elías Rincón Ortiz	27/04/1945
ALJIBE 13	Carrera 1a #15-64	Centro La virgen	Henry Valle	10/09/1975
ALJIBE 14	Carrera 2 #18-2	Centro	Jorge De Jesús Villa	10/09/1975
ALJIBE 15	Carrera 4 #14- 49	Centro	Jorge Alvis	18/08/1990
ALJIBE 16	Calle 10 #7- 46	La Soledad	Noemi Herrera	3/08/2005
ALJIBE 17	Carrera 10 #18-54	Las Margaritas	José Mario Orjuela Valdés	25/05/1975
ALJIBE 18	Calle 50 #7- 76	Los Andes	Edgar Ballesteros Martines	4/10/1950
ALJIBE 19	Calle 48 #1- 58E	Los Andes	Maria Martines Bonilla	16/01/1945
POZO 20	Carrera 2 #26- 91	Los Laureles Pozo	Jorge Fernández Diaz	19/06/2025
ALJIBE 21	Carrera 2c# 26-49	La Carrilera	Gerardo Álvarez Vanegas	10/09/1985

ALJIBE 22	Carrera 1a #23-28	La Concordia	Hernando Vélez Isaza	31/09/1991
ALJIBE 23	Carrera 2 Calle 33	La Concordia	Daniel Guzmán Silva	19/08/1995
ALJIBE 24	Calle 32 #1 - 40	La Concordia	Universidad UNAD	4/11/1985
ALJIBE 25	Carrera 10 # 7-14	Las Delicias	Iván Trujillo	10/09/2005
ALJIBE 26	Calle 7 #10-2	Las Delicias	Propiedad del municipio	19/06/2009
ALJIBE 27	Carrera 9 # 4- 39	Corea	Jhony Bello	20/04/1945
ALJIBE 28	Carrera 6 #19- 18	Obrero	Nury Orozco Flórez	5/10/1945
ALJIBE 29	Calle 18 #5- 42	Obrero	Luz Maria López	21/08/1955
ALJIBE 30	Carrera 9 #18- 49	Las Cruces	Maria Olga Villada	20/12/1985

Nota. En esta tabla se consignan los datos básicos de ubicación, identificación del predio y aspectos administrativos relacionados con el aljibe. Esta información permite reconocer el contexto territorial y los responsables del uso del recurso.

Tabla 3

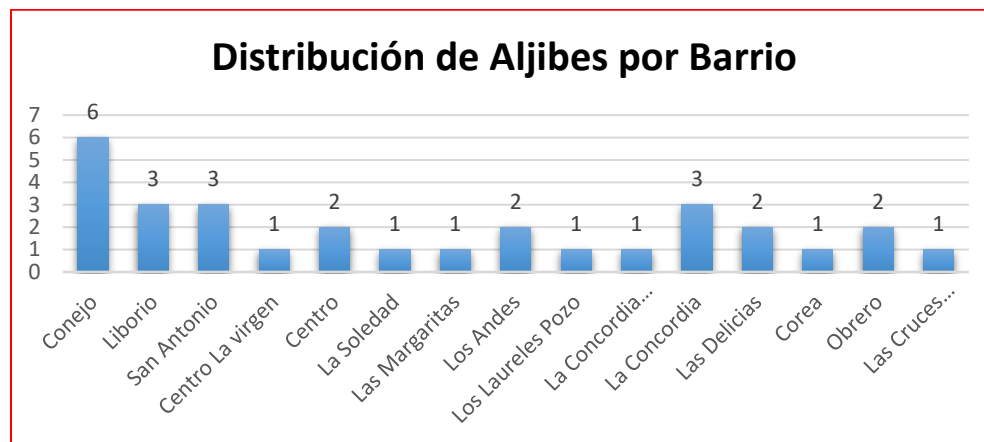
Estadísticas Descriptivas de los Datos Generales de los Aljibes y Pozos

BARIOS	CANTIDAD DE ALJIBES
Conejo	6
Liborio	3
San Antonio	3
Centro La virgen	1
Centro	2
La Soledad	1
Las Margaritas	1
Los Andes	2
Los Laureles Pozo	1
La Concordia	1
Carrilera	
La Concordia	3
Las Delicias	2
Corea	1
Obrero	2
Las Cruces Cabrero	1
TOTAL	30

Nota. La tabla presenta la distribución del número total de aljibes y pozos identificados en diferentes barrios del municipio. Los datos corresponden a un levantamiento de información realizado durante el año 2025 mediante fichas de caracterización en campo.

Figura 11

Distribución de Aljibes por Barrio



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica de barras y la tabla adjunta presentan un análisis de la cantidad de aljibes y pozos en diferentes barrios o comunidades. El eje X enumera los barrios, mientras que el eje Y muestra la cantidad de aljibes y pozos encontrados en cada uno. La tabla complementa la gráfica con los valores numéricos exactos para cada barrio y el total general.

Se observa una variación significativa en la cantidad de aljibes y pozos entre los diferentes barrios. "Conejo" destaca con la mayor cantidad (6), mientras que otros barrios como "Centro La Virgen", "La Soledad" y "Las Margaritas" tienen solo 1. Esta disparidad sugiere una distribución desigual de los recursos hídricos en la región.

La tabla adjunta confirma esta observación y proporciona un total de 30 aljibes y pozos en la mayor parte de la región. Este dato es crucial para entender la disponibilidad total de agua y

planificar su gestión. La gráfica, al mostrar la distribución por barrio, permite identificar áreas con mayor o menor acceso a estos recursos.

La información presentada es vital para la planificación urbana y la gestión de recursos hídricos.

Los barrios con menor cantidad de aljibes y pozos podrían requerir mayor atención en términos de infraestructura y acceso al agua. Además, la distribución desigual podría tener implicaciones sociales y económicas, afectando el desarrollo de ciertas comunidades.

En resumen, la gráfica y la tabla ofrecen una visión clara de la distribución de aljibes y pozos en la región, destacando la variación entre barrios y la necesidad de una gestión equitativa de los recursos hídricos.

Tabla 4

Características técnicas

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	DIÁMETRO (CM)	DIÁMETRO (MT)	PROFUNDIDAD TOTAL (MT)	PROFUNDIDAD DE AGUA ÚTIL (MT)	CAPACIDAD VOLUMÉTRICA L	CAPACIDAD VOLUMÉTRICA CM ³	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	CUBIERTA O PROTECCIÓN
ALJIBE 1		1,10	30,00	23,00	21.858	21,86	Concreto	Bomba eléctrica autosebante	Tapa de concreto
ALJIBE 2	98		10,00	9,00	68.581	68581,16	Concreto	Bomba eléctrica autosebante	Tapa metálica
ALJIBE 3	86		7,40	1,80	10.455.849	10455,85	Concreto	Bomba eléctrica autosebante	Tapa de concreto
ALJIBE 4		1,20	8,00	2,60	10.178.8	10,18	Concreto	Sellado	Tapa de concreto
ALJIBE 5		1,00	6,90	0,88	6.91	0,69	Concreto	Bomba eléctrica	Tapa de

							a concret	o	
ALJIBE 6		1.10	5,00	1,20	1.140	1,14	Concreto	Polea y balde Bomba eléctric a autoseb ante Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa Madera Tapa de concret o
ALJIBE 7		1,00	8,00	1,50	1.178	1.18	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 8	96		9,00	2,38	1.226.98 6	17226, 99	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 9	89		6,50	0,37	2.302	2,30	Concreto	Polea y balde	Tapa de Teja
ALJIBE 10	99		8,87	5,54	548.460	548,46	Ladrillo	Polea y balde	Tapa de Teja
ALJIBE1 11		1,05	4,40	0,93	805	0,81	Concreto	Polea y balde	Tapa metálic a
ALJIBE 12		1,15	5,22	3,00	3.450	3,45	Ladrillo	Polea y balde	Tapa de Teja
ALJIBE 13	90		7,45	1,80	114.511. 105	11451, 11	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 14		1,20	7,20	5,10	5.768	5,77	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 15		1,20	10,00	6,00	2.160	2,16	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 16	98		8,60	2,94	22.176.3 14	22176, 31	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 17	73		3,40	1,60	37.668.4 81	37668, 48	Concreto	Polea y balde	Tapa de Teja
ALJIBE 18		1,03	7,12	0,22	183	0,18	Concreto	Polea y balde	Tapa de Teja
ALJIBE 19		1,20	10,00	2,20	2.488	2,49	Concreto	Polea y balde	Tapa de

									concret o
POZO 20	15	40,00	28,00	4.948.00 8	4948,0 1	Tubo	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o	
ALJIBE 21	83	5,00	0,30	1.623.18 2	1623,1 8	Concreto	Polea y balde	Tapa de Teja	
ALJIBE 22	60	10,00	8,20	23.184.9 54	23184, 95	Concreto	Polea y balde	Sin tapa	
ALJIBE 23	91	18,00	8,00	52.604.3 98	52604, 40	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o	
ALJIBE 24		1,14	9,00	6,00	6.124	6,12	Concreto	Sellado	Tapa de concret o
ALJIBE 25		1,00	8,00	5,00	3.927	3,93	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 26		1,10	24,20	17,36	17.498	16,50	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de concret o
ALJIBE 27		1,00	8,00	3,00	3.356	2,36	Concreto	Bomba eléctric a autoseb ante	Tapa de palos
ALJIBE 28	91	7,50	2,10	13.808.6 55	13808, 65	Concreto	Polea y balde	Tapa de concret o	
ALJIBE 29		1,30	8,00	6,00	7.964	7,96	Ladrillo	Sellado	Tapa de concret o
ALJIBE 30		1,10	5,50	1,50	1.330	1,33	Concreto	Polea y balde	Tapa de concret o

Nota La tabla adjunta confirma esta observación y proporciona un total de 30 aljibes y pozos en

la mayor parte de la región estos datos que se observan en la tabla son crucial para entender los

diámetros y las cantidades de agua que se recupera en cada aljibe y la profundidad de cada aljibe con esta tabla podemos observar los aljibes que están contruidos en diferentes materiales y el sistema de extracción como la cubierta de protección de cada uno de ellos.

Tabla 5

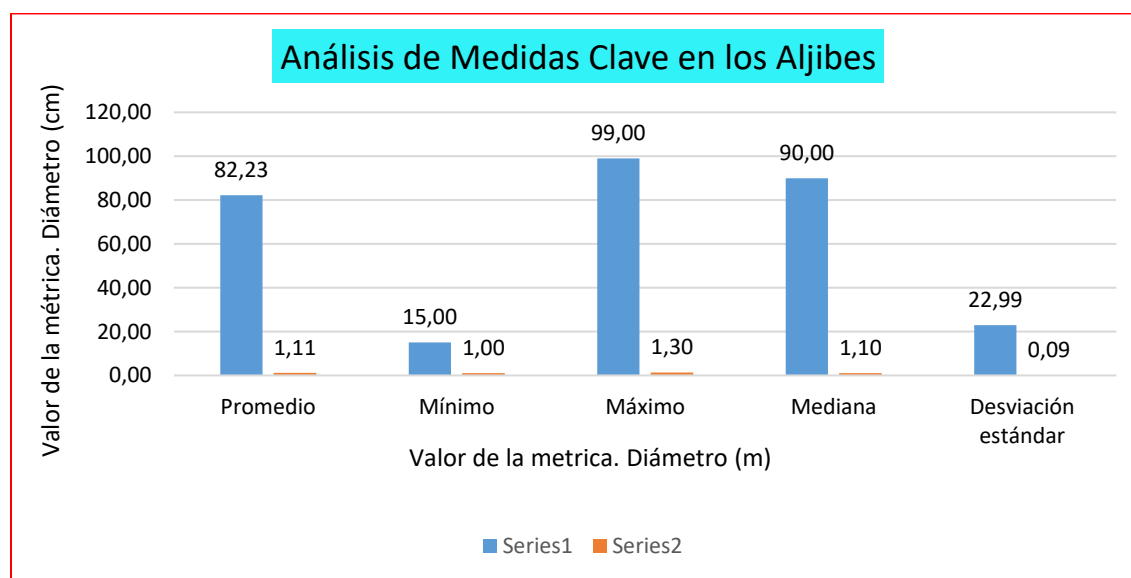
Estadísticas Descriptivas del Diámetro de Aljibes

MÉTRICA	DIÁMETRO (CM)	DIÁMETRO (M)
Promedio	82,23	1,11
Mínimo	15,00	1,00
Máximo	99,00	1,30
Mediana	90,00	1,10
Desviación estándar	22,99	0,09

Nota La presente tabla resume las principales estadísticas descriptivas del diámetro de un conjunto de aljibes, expresando las medidas tanto en centímetros (cm) como en metros (m) para facilitar su interpretación y uso en diferentes contextos. Se incluyen el promedio, el valor mínimo, el valor máximo, la mediana y la desviación estándar del diámetro.

Figura 12

Comparativa de Estadísticas del Diámetro de Aljibes en Centímetros y Metros



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización.

Nota La gráfica "Análisis de medidas clave en los aljibes" compara estadísticas del diámetro en centímetros y metros. El promedio es 82,23 cm (1,11 m), con un mínimo de 15 cm (1 m) y un máximo de 99 cm (1,30 m). La mediana es de 90 cm (1,10 m). La desviación estándar de 22,99 cm (0,09 m) indica una dispersión significativa en los diámetros, mostrando variabilidad en las dimensiones de los aljibes. La gráfica resalta las diferencias entre unidades, cruciales para la interpretación. Esta información es valiosa para la planificación de mantenimiento y la optimización del uso de los aljibes según su capacidad y tamaño.

Tabla 6

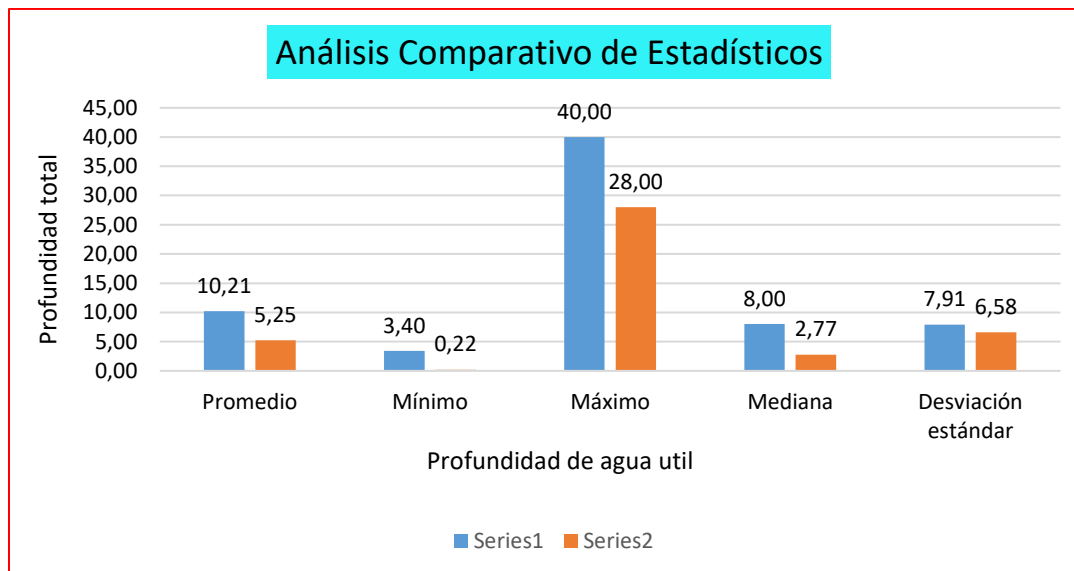
Estadísticas descriptivas de profundidad total y profundidad de agua útil en aljibes caracterizados

MÉTRICA	PROFUNDIDAD TOTAL	PROFUNDIDAD DE AGUA ÚTIL
Promedio	10,21	5,25
Mínimo	3,40	0,22
Máximo	40,00	28,00
Mediana	8,00	2,77
Desviación estándar	7,91	6,58

Nota. Los datos reflejan medidas estadísticas básicas obtenidas a partir de los registros técnicos de profundidad en los aljibes caracterizados en campo durante el año 2025. La profundidad de agua útil corresponde a la columna de agua disponible para uso.

Figura 13

Análisis profundidad total y profundidad de agua útil



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización.

Nota La gráfica de barras compara cinco métricas entre Serie1 y Serie2. El valor máximo de Serie2 (40) supera significativamente al de Serie1 (28), sugiriendo mayor variabilidad o valores atípicos en Serie2. El promedio de Serie1 (10.21) es mayor que el de Serie2 (5.25), pero Serie2 tiene un mínimo inferior (0.22 vs 3.40). La mediana también es mayor en Serie1 (8 vs 2.77). La desviación estándar es ligeramente superior en Serie1 (7.91 vs 6.58), indicando mayor dispersión. En resumen, Serie1 tiene promedios y medianas más altos, mientras que Serie2 muestra un máximo mucho mayor y un mínimo más bajo, con una variabilidad ligeramente menor.

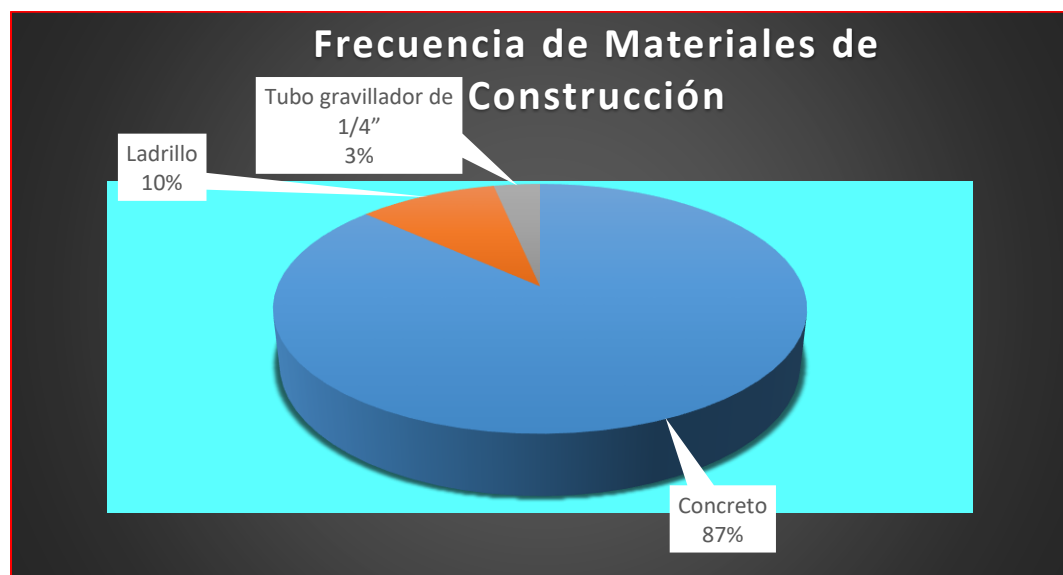
Tabla 7
Frecuencia de Materiales de Construcción de Aljibes

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	FRECUENCIA
Concreto	26
Ladrillo	3
Tubo grabillador de 1/4"	1

Nota La tabla muestra la cantidad de aljibes construidos con diferentes tipos de materiales, según lo observado y registrado durante el proceso de caracterización en campo en 2025. Los materiales incluyen concreto, ladrillo, Tubo Grabillador de ¼.

Figura 14

Frecuencia de Materiales de Construcción



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica muestra la frecuencia de uso de diferentes materiales de construcción. El concreto es el material predominante con una frecuencia de 26, seguido por el ladrillo con 3 y el tubo garbillador de 1/4" con 1. Esta distribución resalta la preferencia por el concreto en comparación con los otros materiales, que tienen una frecuencia significativamente menor.

Tabla 8

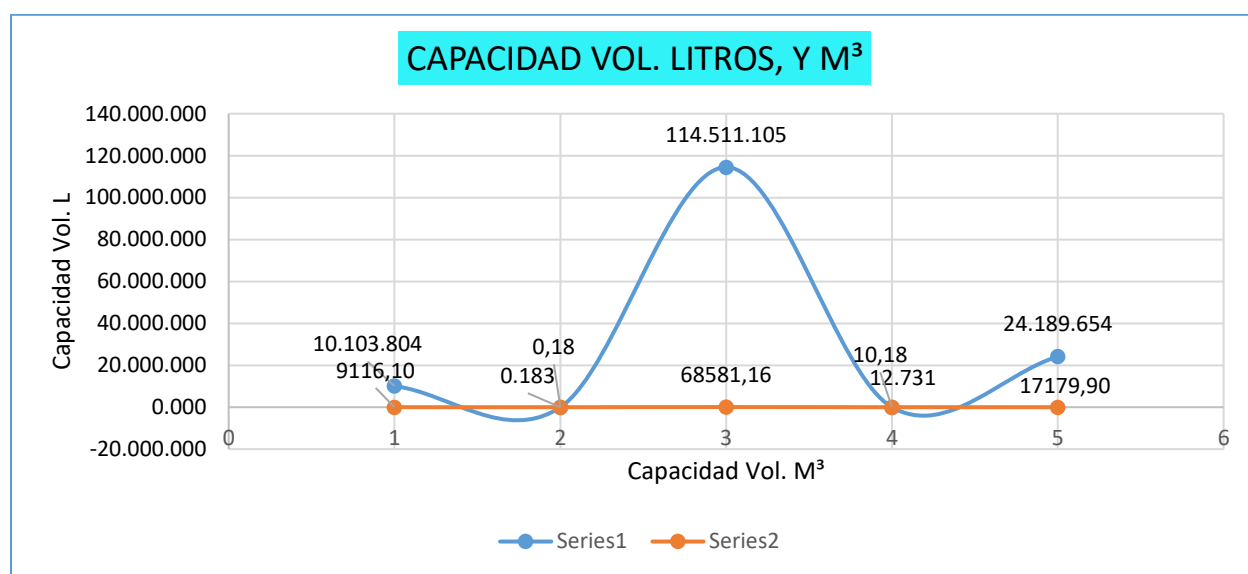
Capacidad de Almacenamiento de Agua en aljibes Expresada en Litros y Metros Cúbicos

MÉTRICA	CAPACIDAD VOL. L	CAPACIDAD VOL. M ³
Promedio	10.103.804	9116,10
Mínimo	0.183	0,18
Máximo	114.511.105	68581,16
Mediana	12.731	10,18
Desviación estándar	24.189.654	17179,90

Nota La tabla presenta la capacidad estimada de almacenamiento de agua en cada aljibe, registrada en litros y convertida a metros cúbicos (m³). Los datos se obtuvieron a partir de mediciones directas durante el proceso de caracterización en campo, año 2025.

Figura 15

Estadística de Almacenamiento de en Litros y Metros cúbicos



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica muestra la comparación de dos series de datos (Series 1 y Series 2) a lo largo de seis puntos de medición. La Serie 1 presenta una fluctuación significativa, con un pico pronunciado en el punto 3, alcanzando un valor de 114,511,105, mientras que la Serie 2 se mantiene relativamente estable con valores bajos a lo largo de los puntos de medición. Se observa que la Serie 1 tiene un valor negativo en el punto 2, lo que indica una disminución o

pérdida en ese punto específico. La Serie 2 presenta un valor ligeramente negativo en el punto 1. La diferencia más notable entre las dos series se encuentra en el punto 3, donde la Serie 1 muestra un valor extremadamente alto en comparación con la Serie 2

Tabla 9

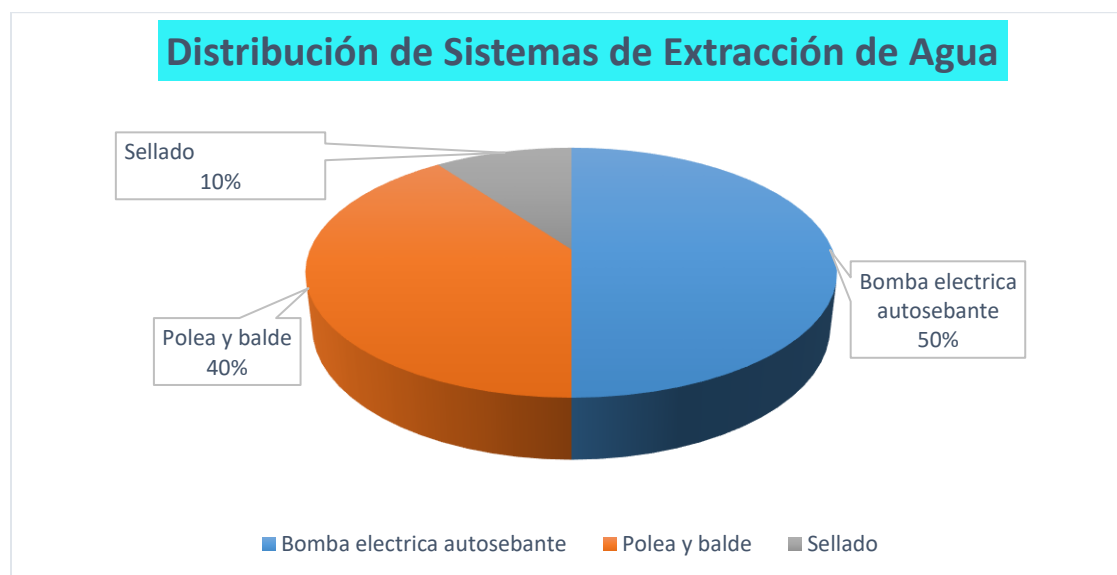
Tipos y Frecuencias de Sistemas de Extracción Utilizados en Aljibes Caracterizados

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	FRECUENCIA
Bomba eléctrica autosebante	15
Polea y balde	12
Sellado	3

Nota La tabla muestra los sistemas de extracción identificados durante el proceso de caracterización de aljibes en 2025, incluyendo opciones manuales y mecánicas como baldes, bombas eléctricas y bombas manuales.

Figura 16

Distribución de Sistemas de Extracción de Agua



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica circular revela que la "Bomba eléctrica autocebante" (50%) es el sistema de extracción de agua más común, seguida por la "Polea y balde" (40%). El "Sellado" representa solo el 10%. Esta distribución indica una preferencia por la bomba eléctrica, posiblemente por su eficiencia o conveniencia. La polea y el balde aún tienen una presencia significativa, mientras que el sellado es el método menos utilizado. Esta información es valiosa para comprender las

prácticas de extracción de agua en la región, planificar mejoras en la infraestructura y evaluar la eficiencia de los métodos actuales.

Tabla 10

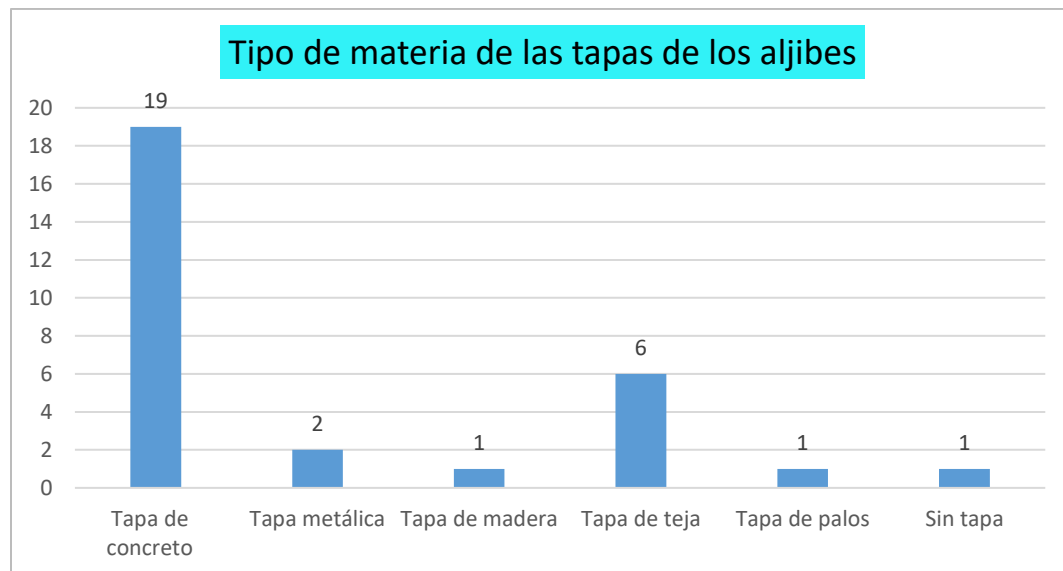
Distribución de Aljibes según su Cubierta o Protección

CUBIERTA O PROTECCIÓN	FRECUENCIA
Tapa de concreto	19
Tapa metálica	2
Tapa de madera	1
Tapa de teja	6
Tapa de palos	1
Sin tapa	1

Nota El análisis de frecuencia revela una predominancia de las tapas de concreto (f=19) como método de protección en los aljibes/pozos inventariados. La segunda categoría más común corresponde a las tapas de teja (f=6). Se observa una baja frecuencia en el uso de tapas metálicas (f=2), de madera (f=1) y de palos (f=1), así como en la condición de ausencia de tapa (f=1). Estos datos sugieren una estandarización en el uso de materiales de construcción robustos para las cubiertas, aunque persisten soluciones menos convencionales o situaciones de vulnerabilidad (ausencia de tapa) en una proporción minoritaria de los casos analizados.

Figura 17

Tipo de Materia de las Tapas de los Aljibes



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica muestra la distribución de tipos de tapas utilizadas en pozos o aljibes. La tapa de concreto es la más común, con una frecuencia de 19, seguida por la tapa de teja con 6. Otros tipos de tapas, como las metálicas, de madera y de palos, así como la ausencia de tapa, tienen frecuencias mucho menores, oscilando entre 1 y 2.

Tabla 11
Condiciones del agua

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	FECHA DE OPERACIÓN	NIVEL ESTÁTICO (M)	DESCENSO O AGUA (M)	NIVEL FREÁTICO (M)	VOLUMEN RECUPERADO (M ³)	LITROS DE AGUA
ALJIBE 1	1/04/1985	15,00	8,00	7,00	7,603	7.603
ALJIBE 2	20/04/1975	7,00	6,00	1,00	45720,78	45.720.776
ALJIBE 3	28/12/1962			6,60		
ALJIBE 4	10/07/1955			5,40		
ALJIBE 5	2/09/2005			6,02		
ALJIBE 6	1/03/1965			3,80		
ALJIBE 7	12/10/2005			6,50		
ALJIBE 8	10/05/2001	9,92	3,30	6,62	23886,16	23.886.157
ALJIBE 9	21/07/1945			6,13		
ALJIBE 10	3/07/1945			3,33		
ALJIBE 11	18/03/19974			3,47		

ALJIBE 12	20/05/1945	3,42	1,20	2,22	1,38	1.380
ALJIBE 13	20/11/1975	6,85	1,20	5,65	7,63	7.634
ALJIBE 14	15/10/1975	4,55	2,45	2,10	2,77	2.771
ALJIBE 15	20/09/1990	9,00	5,00	4,00	5,65	5.655
ALJIBE 16	4/09/2005	7,21	1,55	5,66	11691,59	11.691.594
ALJIBE 17	25/06/1975	2,75	1,00	1,75	4185,89	4.185.387
ALJIBE 18	4/11/1950			6,90		
ALJIBE 19	3/03/1945			7,80		
POZO 20	30/06/2025	18,00	6,00	12,00	1060,288	1.060.288
ALJIBE 21	11/11/1985			4,70		
ALJIBE 22	13/10/1991	5,81	4,01	1,80	11338,01	11.338.008
ALJIBE 23	20/10/1995	14,00	4,00	10,00	26302,20	26.302.199
ALJIBE 24	5/12/1985			3,00		
ALJIBE 25	20/11/2005	6,87	3,87	3,00	3,04	3.039
ALJIBE 26	1/07/2009	15,00	8,16	6,84	7,75	7.755
ALJIBE 27	21/06/1945	7,20	2,20	5,00	1,73	1.728
ALJIBE 28	6/11/1945	6,90	1,50	5,40	9863,32	9.863.325
ALJIBE 29	10/10/1955			2,00		
ALJIBE 30	20/01/1986			4,10		

Nota La tabla recopila una serie de información estadística donde nos muestra el número de aljibe, la fecha de operación, nivel estático, descenso del agua, nivel freático, volumen recuperado en metros cúbicos y litros. La tabla recoge observaciones y resultados relacionados con la calidad del agua contenida en el aljibe, incluyendo aspectos físicos, microbiológicos o químicos que pueden influir en su potabilidad o uso seguro.

Tabla 12
Estadísticas Descriptivas de Niveles y Volumen de Agua en Aljibes

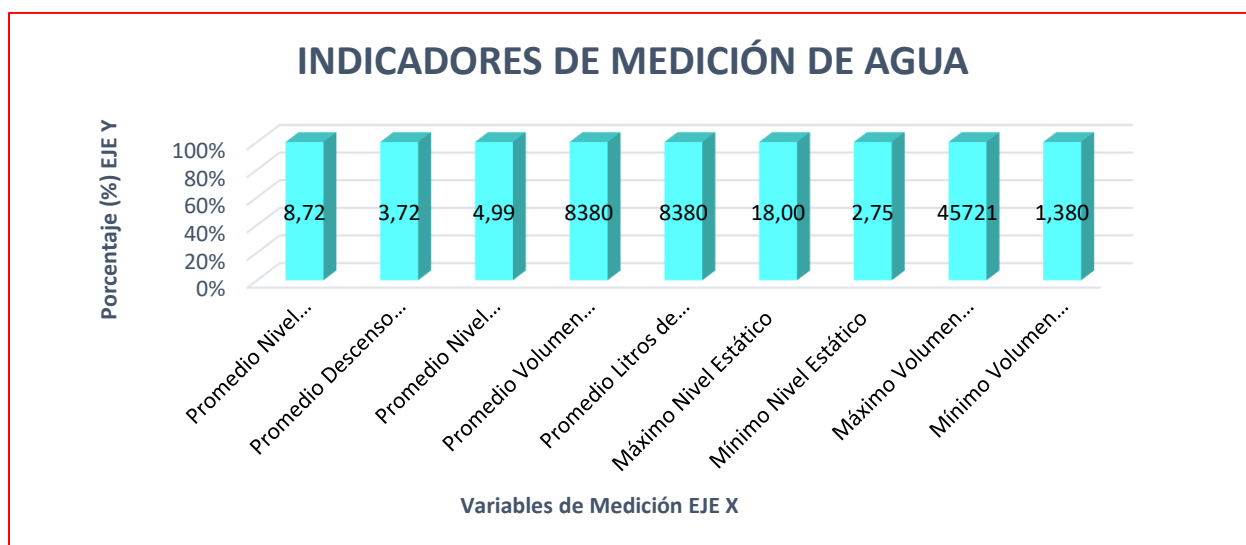
MÉTRICA	FÓRMULA
Promedio Nivel Estático	8,72
Promedio Descenso Agua	3,72
Promedio Nivel Freático	4,99
Promedio Volumen Recuperado	8380
Promedio Litros de Agua	8380331
Máximo Nivel Estático	18,00
Mínimo Nivel Estático	2,75

Máximo Volumen Recuperado	45721
Mínimo Volumen Recuperado	1,380

Nota La presente tabla resume las principales estadísticas descriptivas de los niveles de agua (estático, descenso y freático expresados en metros) y del volumen de agua recuperado (expresado en litros) en el conjunto de aljibes analizados. Se incluyen los valores promedio, máximo y mínimo para cada una de estas métricas, proporcionando una visión general de las condiciones hídricas de los aljibes estudiados.

Figura 18

Indicadores de Medición de Agua



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica de barras compara porcentajes de promedios, máximos y mínimos de niveles de agua (estático, descenso, freático), litros y volúmenes. Todas las mediciones muestran porcentajes muy altos, cercanos al 100%, sugiriendo que todas las variables de agua alcanzan o se acercan a sus valores máximos o puntos de referencia altos. La gráfica abarca diversas mediciones, indicando un análisis exhaustivo. La consistencia en los valores altos sugiere poca

variación entre las mediciones. Esto podría interpretarse como que todos los indicadores de medición de agua se encuentran en un nivel alto, óptimo o dentro de los rangos esperados.

Tabla 13
Uso del Aljibe

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	EN USO (SÍ/NO)	TIPO DE USO	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	POBLACIÓN BENEFICIADA
ALJIBE 1	Si	Mixto	Semestral	2
ALJIBE 2	Si	Industrial	Anual	10
ALJIBE 3	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 4	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 5	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 6	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 7	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 8	Si	Industrial	Anual	3
ALJIBE 9	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 10	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 11	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 12	Si	Domestico	Anual	2
ALJIBE 13	Si	Industrial	Anual	10
ALJIBE 14	Si	Industrial	Anual	20
ALJIBE 15	Si	Industrial	Anual	15
ALJIBE 16	Si	Industrial	Anual	7
ALJIBE 17	Si	Mixto	Semestral	1
ALJIBE 18	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 19	No	Ninguno	No se realiza	0
POZO 20	Si	Mixto	Anual	5
ALJIBE 21	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 22	Si	Domestico	Anual	3
ALJIBE 23	Si	Industrial	Anual	8
ALJIBE 24	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 25	Si	Industrial	Anual	4
ALJIBE 26	Si	Industrial	Anual	5
ALJIBE 27	Si	Industrial	Anual	14
ALJIBE 28	Si	Domestico	Anual	10
ALJIBE 29	No	Ninguno	No se realiza	0
ALJIBE 30	Si	Industrial	No se realiza	2

Nota En la tabla se adjuntan los datos si están en uso o no están en uso como también el tipo de uso que le están dando a cada aljibe y la frecuencia de mantenimiento y cuantas personas se

benefician esta tabla se construyó para sacar un total de los aljibes que están en uso y los que no están en uso así mismo para saber cuáles son de uso industriales y cuáles no.

Tabla 14

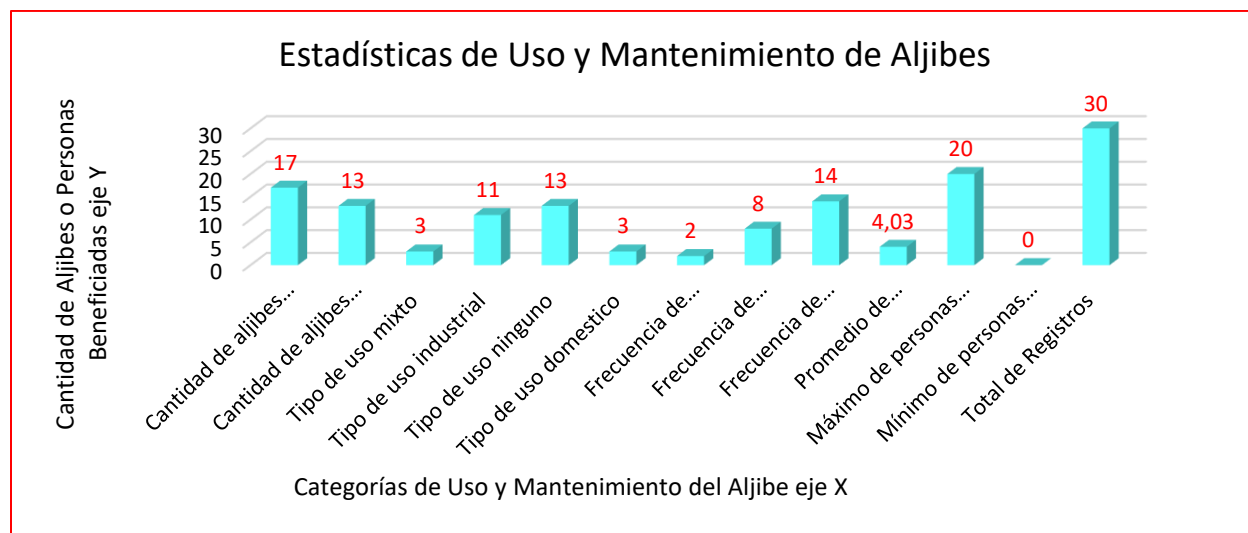
Estadísticas de Uso, Mantenimiento y Población Beneficiada de Aljibes

MÉTRICA	FÓRMULA
Cantidad de aljibes en uso	17
Cantidad de aljibes fuera de uso	13
Tipo de uso mixto	3
Tipo de uso industrial	11
Tipo de uso ninguno	13
Tipo de uso domestico	3
Frecuencia de mantenimiento semestral	2
Frecuencia de mantenimiento anual	8
Frecuencia de mantenimiento no se realiza	14
Promedio de población beneficiada	4,03
Máximo de personas beneficiadas	20
Mínimo de personas beneficiadas	0
Total, de Registros	30

Nota La Tabla 13 presenta un análisis estadístico descriptivo del estado operativo, tipología de uso, régimen de mantenimiento y alcance poblacional de una muestra de 30 aljibes. Se observa que 17 aljibes se encuentran en uso activo, mientras que 13 están fuera de servicio. En cuanto a la tipología de uso, la categoría industrial (11 registros) presenta la mayor frecuencia, seguida por aquellos sin uso definido (13 registros). El mantenimiento preventivo se realiza semestralmente en 2 casos y anualmente en 8, mientras que en una proporción significativa (14 registros) no se efectúa mantenimiento. El promedio de población beneficiada por los aljibes en uso se estima en 4.03 individuos, con un rango que oscila entre 0 y 20 personas. Estos datos son fundamentales para evaluar la infraestructura existente, identificar áreas de intervención para la rehabilitación de aljibes inactivos y optimizar la gestión de recursos hídricos a nivel comunitario.

Figura 19

Estadísticas de Uso y Mantenimiento de Aljibes



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota El análisis de 30 aljibes revela que el 57% (17) están en uso, principalmente para fines industriales (37%). El mantenimiento es anual en el 27% (8), semestral en el 7% (2) y nulo en el 47% (14), lo que implica un riesgo potencial. El promedio de población beneficiada por aljibe en uso es de 4 personas. Se evidencia la necesidad de optimizar la gestión del mantenimiento y evaluar la demanda para maximizar el uso y beneficio de estas infraestructuras hídricas.

Tabla 15
Estado de conservación

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	ESTADO ESTRUCTURAL	SIGNOS DE DESGASTE	Mantenimiento	RIESGO	Estado General
ALJIBE 1	Con grietas	Deterioro	Reparación	Si Presenta	REGULAR
ALJIBE 2	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 3	Sin grietas	Deterioro	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 4	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 5	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 6	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 7	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 8	Sin grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	REGULAR
ALJIBE 9	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 10	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 11	Sin grietas	corrosión	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 12	Con grietas	Deterioro	Limpieza	Si Presenta	REGULAR
ALJIBE 13	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR

ALJIBE 14	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 15	Sin grietas	Deterioro	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 16	Sin grietas	corrosión	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 17	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 18	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 19	Sin grietas	corrosión	Limpieza	No presenta	REGULAR
POZO 20	Sin grietas	corrosión	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 21	Sin grietas	corrosión	Reparación	No presenta	REGULAR
ALJIBE 22	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 23	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 24	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 25	Sin grietas	Deterioro	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 26	Sin grietas	corrosión	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 27	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 28	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO
ALJIBE 29	Sin grietas	corrosión	No realiza	No presenta	REGULAR
ALJIBE 30	Con grietas	Deterioro	No realiza	Si Presenta	MALO

Nota Se analiza el estado actual del aljibe en términos de mantenimiento, daños visibles,

limpieza y condiciones sanitarias. Este apartado es clave para identificar riesgos de

contaminación o deterioro estructural.

Tabla 16

Distribución de Aljibes según su Estado de Conservación

CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Con grietas	14
Sin grietas	16
Deterioro	18
Corrosión	12
Reparación	2
Limpieza	7
No realiza	21
Riesgo si presenta	15
Riesgo no presenta	15
Regular	18
Malo	12

Nota Se presenta un recuento de diversas características observadas en una muestra de aljibes,

presumiblemente para evaluar su estado de conservación. La columna "CARACTERÍSTICAS"

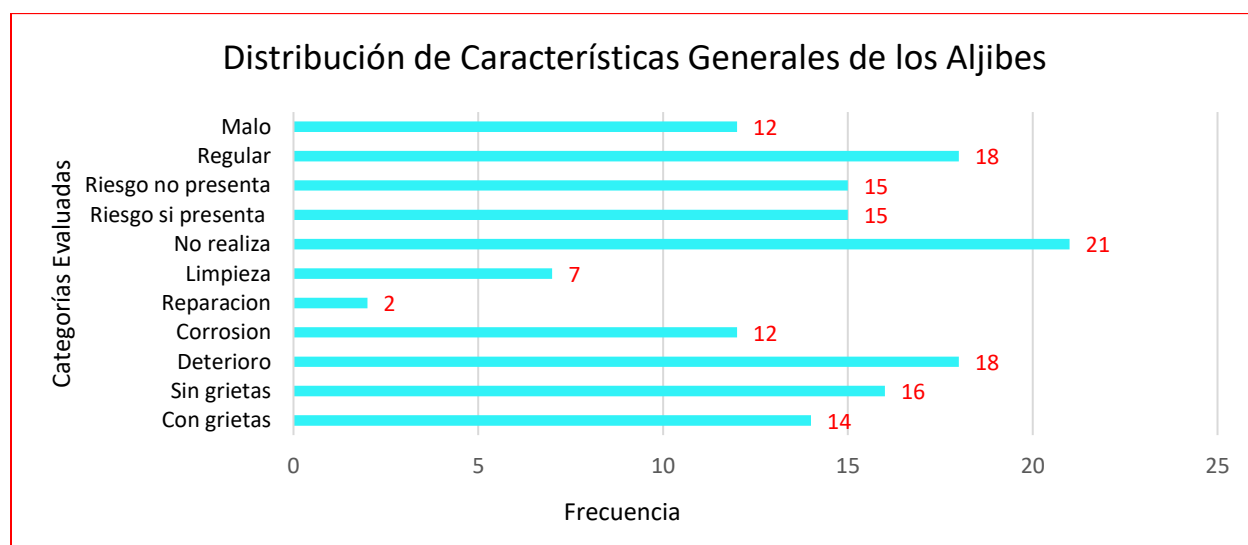
enumera diferentes condiciones o acciones relacionadas con el estado de los aljibes, mientras que

la columna "CANTIDAD" indica la frecuencia con la que se presenta cada característica dentro de la muestra.

Entre las características evaluadas se incluyen la presencia o ausencia de grietas, signos de deterioro y corrosión, la realización de reparaciones y limpieza, y si se presenta o no un riesgo. Adicionalmente, se incluye una evaluación general del estado del aljibe categorizada como "Regular" o "Malo". La tabla proporciona una visión general de las condiciones físicas y de mantenimiento de los aljibes analizados.

Figura 20

Distribución de Características Generales de los Aljibes



Fuente. **Autor** Adonai Franco pardo. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota La gráfica de barras horizontales muestra la frecuencia de diferentes condiciones evaluadas en los aljibes, revelando aspectos clave sobre su mantenimiento, estado estructural, signos de desgaste, presencia de riesgo y estado general.

Principales hallazgos: Mantenimiento ausente (21 aljibes):

La mayoría de los aljibes no reciben ningún tipo de mantenimiento, lo cual representa un riesgo significativo para la durabilidad estructural y la calidad del agua almacenada.

Estado estructural: Aunque 16 aljibes están sin grietas, 14 presentan grietas visibles, lo que indica que casi la mitad de las estructuras muestran fallas físicas, con posibles filtraciones o contaminación.

Desgaste predominante: Los signos de deterioro (18) y corrosión (12) son comunes, lo que refleja procesos de degradación activa en más del 80 % de los aljibes.

Condiciones de riesgo: La presencia de riesgo está equilibrada (15 con riesgo / 15 sin riesgo), lo que sugiere que la mitad de las estructuras representan una amenaza sanitaria potencial.

Estado general: La mayoría de los aljibes están en condición “Regular” (18) y una proporción considerable en “Malo” (12). Ninguno se encuentra clasificado como “Bueno”, lo que evidencia una situación general deficiente.

Acciones correctivas mínimas: Solo 7 aljibes reciben limpieza y apenas 2 han sido reparados, lo que confirma una falta de gestión preventiva y correctiva.

Tabla 17
Aspectos ambientales

FICHA DE IDENTIFICACIÓN	ÁREA CIRCUNDANTE	RIESGO DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE	IMPACTO POTENCIAL EN EL ALJIBE
ALJIBE 1	Residencial	Si	Hidrocarburos	Bajo
ALJIBE 2	Industrial	Si	Hidrocarburos	Bajo
ALJIBE 3	Residencial	Si	Aguas residuales	Bajo
ALJIBE 4	Residencial	Si	Aguas residuales	Bajo
ALJIBE 5	Industrial	Si	Hidrocarburos	Bajo
ALJIBE 6	Industrial	Si	Aguas residuales	Bajo
ALJIBE 7	Residencial	Si	Aguas residuales	Bajo
ALJIBE 8	Residencial	Si	Aguas residuales	Bajo

ALJIBE 9	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 10	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 11	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 12	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 13	Industrial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 14	Industrial	SI	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 15	Industrial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 16	Industrial	Si	Fertilizantes	Baj o
ALJIBE 17	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 18	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 19	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
POZO 20	Residencial	Si	Microbiológica	Baj o
ALJIBE 21	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 22	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 23	Residencial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 24	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 25	Residencial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 26	Residencial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 27	Residencial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 28	Residencial	Si	Hidrocarburos	Baj o
ALJIBE 29	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o
ALJIBE 30	Residencial	Si	Aguas residuales	Baj o

Nota: Esta tabla identifica factores ambientales externos que puedan influir positiva o negativamente en el aljibe, como cercanía de fuentes de contaminación, cobertura vegetal o tipo de suelo, permitiendo valorar el riesgo ecológico asociado.

Tabla 18

Distribución de Frecuencias de Categorías Evaluadas en Aljibes

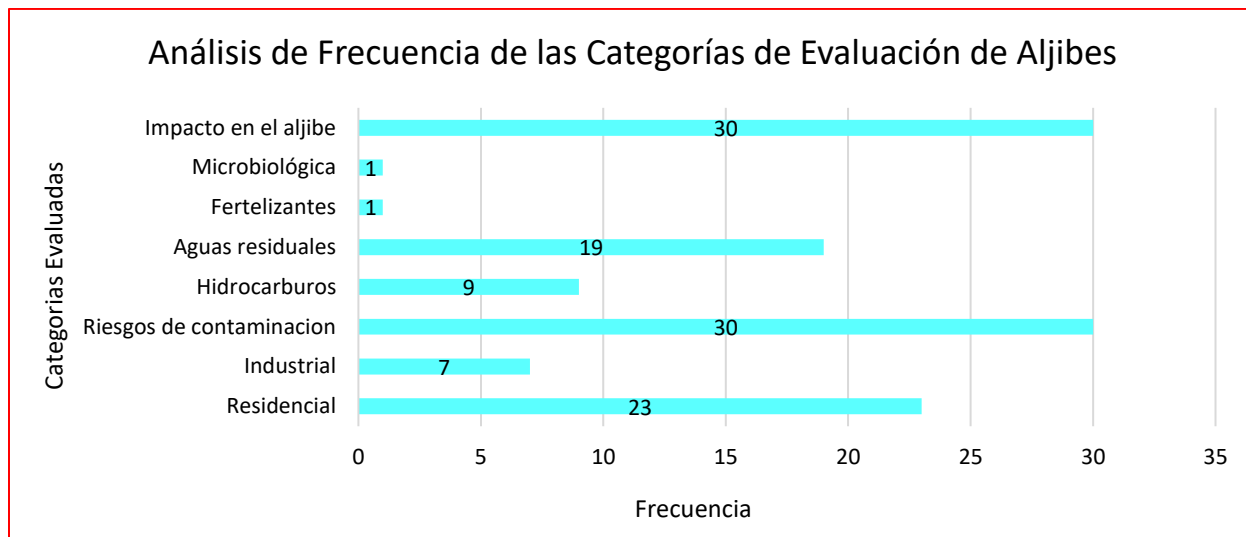
CATEGORÍAS EVALUADAS	FRECUENCIA
Residencial	23
Industrial	7
Riesgos de contaminación	30
Hidrocarburos	9
Aguas residuales	19
Fertilizantes	1
Microbiológica	1
Impacto en el aljibe	30

Nota La Tabla 17 presenta la distribución de frecuencias de diversas categorías evaluadas en una muestra de aljibes. Los "Riesgos de contaminación" e "Impacto en el aljibe" exhiben la mayor frecuencia (n=30), lo que sugiere que estos aspectos fueron considerados en la totalidad de la muestra. La categoría "Residencial" (n=23) también presenta una alta frecuencia, indicando una proporción significativa de aljibes asociados a este tipo de uso.

En contraste, las categorías "Industrial" (n=7), "Hidrocarburos" (n=9) y "Aguas residuales" (n=19) muestran frecuencias intermedias, reflejando una presencia variable de estos factores en la muestra analizada. Las categorías "Fertilizantes" y "Microbiológica" presentan las frecuencias más bajas (n=1), lo que podría indicar una menor incidencia de estos aspectos específicos en la evaluación o un enfoque selectivo en su análisis.

Figura 21

Análisis de Frecuencia de las Categorías de Evaluación de Aljibes



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota El gráfico muestra la frecuencia con la que se identificaron distintos factores o categorías relacionadas con la contaminación "Impacto en el aljibe" y "Riesgos de contaminación" destacan con la frecuencia más alta (30), lo cual sugiere que los factores más preocupantes o recurrentes en el área evaluada. Le siguen "Residencial" con 23 y "Aguas residuales" con 19, lo que indica una contribución significativa de actividades residenciales y el manejo de aguas usadas al problema de contaminación. "Hidrocarburos" (9), "Industrial" (7), "Microbiológica" y "Fertilizantes" (ambas con frecuencia 1) estas están menor relevancia.

Tabla 19

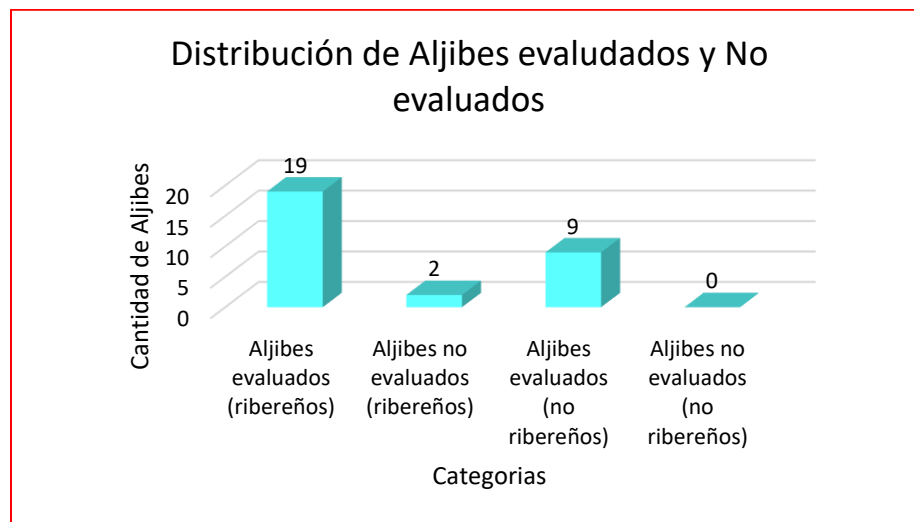
Análisis Comparativo de Aljibes Ribereños y No Ribereños según Estado de Evaluación

CATEGORIA	CANTIDAD
Aljibes evaluados (ribereños)	19
Aljibes no evaluados (ribereños)	2
Aljibes evaluados (no ribereños)	9
Aljibes no evaluados (no ribereños)	0

Nota La gráfica muestra la distribución de 30 aljibes divididos en cuatro categorías, según su proximidad al río Magdalena y si fueron evaluados o no durante el estudio. Los resultados evidencian lo siguiente:

Figura 22

Distribución de Aljibes Evaluados y No evaluados



Fuente. Elaboración propia a partir de la ficha de caracterización

Nota Aljibes evaluados en zonas ribereñas: Representan la mayoría, con un total de 19 aljibes.

Esto sugiere una buena colaboración por parte de los residentes cercanos al río y permite obtener datos representativos para esta zona de interés ambiental e hídrico. Aljibes no evaluados en zonas ribereñas: Se identificaron 2 aljibes cuyos propietarios no permitieron la evaluación.

Aunque son pocos casos, su ubicación en la franja ribereña es sensible, ya que estas zonas son prioritarias para la gestión del recurso hídrico. Aljibes evaluados lejos del río: Se contabilizaron 9 aljibes en sectores no ribereños que sí fueron evaluados, lo que demuestra un alcance más amplio del diagnóstico hacia otras zonas urbanas de La Dorada. Aljibes no evaluados lejos del río: No se reportaron casos. Esto sugiere mayor disposición de acceso por parte de los propietarios en áreas más alejadas del río.

Conclusiones

Uno de los problemas más graves es la posible contaminación de los acuíferos subterráneos, derivada de la sobreexplotación de pozos y aljibes sin los tratamientos adecuados. Las filtraciones de residuos domésticos, agroindustriales y químicos pueden alterar la calidad del agua subterránea, afectando la salud de la población. Además, la ausencia de mecanismos de control y regulación facilita la proliferación de estos sistemas informales, lo que complica su monitoreo y gestión eficiente. Esto crea un círculo vicioso en el que la sobreexplotación y la contaminación contribuyen al agotamiento del recurso y al riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. A este panorama se añade la falta de una base de datos confiable que permita identificar la cantidad exacta de aljibes y pozos en el área urbana, su capacidad de almacenamiento, estado de conservación, profundidad y las condiciones de saneamiento de estos. Esta carencia de información impide realizar una evaluación precisa del impacto de los sistemas de captación subterránea sobre la disponibilidad y calidad del agua, así como la gestión integral del recurso hídrico en la región.

La ausencia de estudios detallados también obstaculiza la planificación de estrategias efectivas para la conservación del agua subterránea y la implementación de políticas públicas que fomenten el uso adecuado del recurso. Los Planes de Ordenamiento Territorial (PBOT), Planes de Manejo de Riesgo y Desastres (PMGRD), y Planes de Gestión Ambiental (PGA) carecen de datos técnicos que sustenten decisiones informadas sobre el manejo de los recursos hídricos en la zona. Sin esta información, las acciones orientadas a la preservación de los acuíferos y la regulación del uso del agua subterránea son limitadas, lo que pone en riesgo la seguridad hídrica a largo plazo.

Recomendaciones

Implementar programas de mantenimiento preventivo en los pozos y aljibes para garantizar la calidad del agua y la durabilidad de las estructuras.

Resultados – costos, prioridades y cronograma

Tabla 20

Estimación de costos

Actividad	Costo unitario (\$)	Cantidad	Costo total (COP)
Limpieza y desinfección	200.000	29	5.800.000
Reparación de revestimiento	350.000	30	10.500.000
Instalación de tapa segura	150.000	30	4.500.000

Priorización de intervención

- ✓ Pozos con contaminación microbiológica alta
- ✓ Aljibes con grietas estructurales
- ✓ Sistemas sin tapa de seguridad

Método: Se asignó un puntaje de 1–5 en criterios de riesgo sanitario, estructural y accesibilidad; la suma determinó el orden de prioridad.

Tabla 21

Cronograma de mantenimiento

Mes	Actividad
Mes 1	Diagnóstico de 30 estructuras
Mes 2	Limpieza y desinfección inicial
Mes 3	Reparaciones de revestimiento
Mes 4	Instalación de tapas y señalización
Mes 4	Monitoreo post-intervención

Fortalecer la educación comunitaria sobre el uso responsable y sostenible del agua subterránea, incluyendo prácticas de higiene, conservación y protección del recurso.

Establecer un sistema de monitoreo continuo que permita actualizar periódicamente la base de datos georreferenciada y vigilar posibles fuentes de contaminación.

Incentivar la regularización legal de pozos y aljibes, promoviendo el cumplimiento de la normativa ambiental vigente y la obtención de permisos adecuados.

Fomentar la participación institucional de entidades municipales y ambientales para la planeación de estrategias de gestión integrada del recurso hídrico.

Realizar estudios complementarios que incluyan análisis fisicoquímicos y microbiológicos avanzados del agua para una evaluación más precisa de su potabilidad.

Expandir la cobertura del estudio a los barrios no caracterizados y a las zonas rurales del municipio para lograr una visión más integral de los recursos hídricos subterráneos.

Referencias Bibliográficas

Andrade, L., Chapman, D., Grant, K., Hermida, L., Misstear, B., O'Dwyer, J. y Weatherill, J.

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). Año de publicación: 2022

Arboleda Hernández, V. (2021). Gestión de la salud ambiental en el departamento de caldas desde la planificación territorial municipal.

Cáceres Urueña, J. N., & Cossío Valoyes, C. A. (2019). Propuesta ambiental para el plan de desarrollo del municipio Útica Cundinamarca, período 2020-2024.

Departamento de Caldas». Sociedad Geográfica de Colombia. Archivado desde el original el 16 de junio de 2021

Duque Escobar, G. (2021). La Gran Cuenca Magdalena-Cauca.

Munar Samboní, A. M., Méndez Pedroza, N. M., Vinasco Guzmán, M. C., Guzmán Oliveros, M. S., Cortés Orozco, C. P., Trujillo Zapata, S. A., Valbuena Calderón, O. E., Bravo Gaviria, M. A., Caicedo Díaz, G. E., Herrera Cerquera, J. P., Ramírez Córdoba, G. A., Montealegre Torres, W. I., Mesa Mejía, C. G., Tenorio Sánchez, P. A., Florido Cuellar, B. A., Carvajal Pinilla, L. A., Caicedo Bolaños, L. P., Núñez Burgos, M. Ángel, Fernández Chávez, A. E., ... Jiménez Cruz, L.

Y. (2022). Gestión integrada de la cuenca alta del río Magdalena: instrumentos para su evaluación y planificación. Sello Editorial UNAD. <https://doi.org/10.22490/9789586518642>

Congreso de Colombia. (1997). *Ley 388 de 1997*. Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 3 de 1991 y se dictan otras disposiciones sobre ordenamiento territorial.

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

- IDEAM. (2020). *Estudio Nacional del Agua 2020*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/>
- Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P., & Baptista Lucio, M. P. (2022). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/agua-y-saneamiento/>
- Custodio, E., & Llamas, M. R. (1996). *Hidrogeología Subterránea*. Ediciones Omega.
- Global Water Partnership (GWP). (2000). *Integrated Water Resources Management*. Technical Committee Background Paper No. 4.
- Congreso de Colombia. *Ley 142 de 1994*. Servicios Públicos Domiciliarios.
- Congreso de Colombia. *Ley 99 de 1993*. Sistema Nacional Ambiental.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Decreto 1076 de 2015*. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- United Nations Economic Commission for Europe. (1992). Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes. <https://unece.org/env/water/text/text.html>
- Ramsar Convention Secretariat. (1971). Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat. <https://www.ramsar.org/document/the-ramsar-convention-on-wetlands>
- República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Diario Oficial No. 41 264.
- República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997. Diario Oficial No. 43 573.

República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015 (Unificado sector ambiente y desarrollo sostenible). Diario Oficial No. 49 531.

https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2015/dec_1076_15.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007. Diario Oficial No. 46 978.

ICONTEC. (2001). Norma Técnica Colombiana NTC 1500:2001 – Pozos profundos de captación de aguas subterráneas. Bogotá: ICONTEC.

ICONTEC. (2012). Guía Técnica Colombiana GTC 129:2012 – Buenas prácticas de operación y mantenimiento de aljibes. Bogotá: ICONTEC.

United Nations. (1997). Convention on the Law of the Non-Navigational Uses of International Watercourses. United Nations.

https://legal.un.org/ilc/texts/instruments/english/conventions/8_3_1997.pdf

World Health Organization. (2011). Guidelines for drinking-water quality (4th ed.). WHO Press. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44584>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas (Irrigation and Drainage Paper No. 61). FAO.

<http://www.fao.org/3/ap103e/ap103e.pdf>

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2016). International Hydrological Programme (IHP) Phase VIII (2014–2021): Framework document. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000246506>

International Organization for Standardization. (2007). ISO 24512:2007 – Activities relating to drinking water and wastewater services — Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services. ISO.