



**Georreferenciación de las soluciones de potabilización instalados en Colombia desde el 2011 al 2024: una herramienta para integrar y potenciar proyectos de mejora en instituciones educativas en Colombia.**

Cristian Andrés Morales Marín

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria o Práctica Empresarial

Asesor

Lina María Ramírez Hoyos, Magíster (MSc) en planificación y gestión

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

---

Cita

(Morales Marín, 2025)

Referencia

Morales Marín, C. (2025). *Georreferenciación de las soluciones de potabilización instalados en Colombia desde el 2011 al 2024* [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Estilo APA 7 (2020)

---



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

A mi madre, por su apoyo incondicional, esfuerzos contantes y sacrificios a lo largo de mi vida, le doy las gracias por confiar y creer en mí, por ser la persona que me acompañó los momentos de estrés, sacrificio y alegría en todo el proceso académico y profesional, de esta manera, este logro es suyo como mío.

A mi familia y amigos que me motivaron a seguir adelante, brindando un apoyo y sostenimiento en los momentos difíciles, apoyándome a mantenerme centrado en mis objetivos y propósitos.

## **Agradecimientos**

A la Fundación EPM, a los docentes de la Universidad de Antioquia y a todas las entidades que contribuyeron a mi proceso educativo y formativo. Su apoyo ha sido fundamental para el desarrollo de mis habilidades profesionales y académicas, brindándome valiosas experiencias tanto desde la investigación como desde el conocimiento, lo cual ha sido clave para fortalecer mi formación y convertir mi camino en la ingeniería civil en una verdadera oportunidad para crecer como profesional.

## Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. Marco teórico	11
3.1 Agua potable	12
3.2 Tipos de sistema de potabilización de agua	16
4. Metodología	18
5. Análisis de resultados	19
5.1 Resultado interfaz digital	24
6. Conclusiones y recomendaciones	26
Referencias	28
Anexos	30

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Georreferenciación de las soluciones de potabilización nivel municipal 2024.	22
<b>Figura 2.</b> Georreferenciación de las soluciones de potabilización nivel veredal 2024.	23
<b>Figura 3.</b> Georreferenciación de las soluciones de potabilización en Antioquia nivel municipal 2024.	23
<b>Figura 4.</b> Georreferenciación de las soluciones de potabilización en Antioquia nivel veredal 2024.	24
<b>Figura 5.</b> Georreferenciación de las soluciones de potabilización en QGIS Cloud nivel veredal 2024.	25

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>APA.</b>	American Psychological Association
<b>SIG.</b>	Sistema de información geográfica
<b>msnm.</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>OMS.</b>	Organización Mundial de la salud
<b>Párr.</b>	Párrafo
<b>EPM.</b>	Empresas públicas de Medellín
<b>UdeA.</b>	Universidad de Antioquia
<b>DANE.</b>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística

## Resumen

La fundación EPM, dentro de sus esquemas adscritos contempla la implementación de un programa denominado “agua para la educación, educación para el agua” brindando soluciones de potabilización a partir de estructuras innovadoras y sostenibles en los municipios a nivel nacional desde el 2011.

Actualmente los recursos disponibles de la fundación EPM dificultan la identificación visual de cada una de estas soluciones instaladas, como una vía para fomentar el monitoreo, esta situación induce al debilitamiento de los procesos de gestión de proyectos, análisis espacial e integración con la comunidad.

Con el propósito de resolver la problemática descrita, se propone la implementación de una herramienta digital de georreferenciación que permite consultar y revisar las soluciones de potabilización instaladas. Esta herramienta no solo facilita la integración de datos, sino que también ofrece una representación visual y accesible de las ubicaciones y características de cada solución. Además, al centralizar los datos en un solo sistema, se promueve una mejor colaboración entre las instituciones educativas, las comunidades locales y la Fundación EPM.

Para lograr el objetivo propuesto, la metodología a implementar se realizará mediante un enfoque cualitativo, partiendo de una perspectiva documental con la revisión de la base de datos establecidos por la fundación EPM, posteriormente, se procede con la clasificación y análisis de datos encontrados, pasando finalmente con la propuesta de una herramienta digital que permita la georreferenciación de las soluciones de potabilización.

*Palabras clave:* soluciones de potabilización, herramientas de georreferenciación, gestión social, construcción sostenible, contaminantes, agua potable.

### **Abstract**

The fundación EPM, within its affiliated schemes, includes the implementation of a program called "agua para la educación, educación para el agua" providing water purification solutions through innovative and sustainable structures in municipalities nationwide since 2011.

Currently, the available resources of the fundación EPM make it difficult to visually identify each of these installed solutions, which hinders monitoring. This situation leads to the weakening of project management processes, spatial analysis, and integration with the community.

To address the described issue, the implementation of a digital georeferencing tool is proposed, which will allow for the consultation and review of installed water purification solutions. This tool not only facilitates data integration but also provides a visual and accessible representation of the locations and characteristics of each solution. Moreover, by centralizing the data in a single system, it promotes better collaboration between educational institutions, local communities, and the fundación EPM.

To achieve the proposed objective, the methodology to be implemented will follow a qualitative approach, starting with a documentary perspective by reviewing the database established by the fundación EPM. Subsequently, the classification and analysis of the data found will be carried out, leading to the proposal of a digital tool that enables the georeferencing of water purification solutions.

*Keywords:* water purification solutions, georeferencing tools, social management, sustainable construction, pollutants, drinking water.



## **1. Introducción**

La fundación EPM, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo de territorios sostenibles y competitivos en las áreas de influencia, del Grupo EPM, mediante programas y proyectos de gestión social y ambiental que promuevan la conservación de los recursos naturales y el uso responsable de los servicios públicos (Propósito, Misión y Visión, n.d.), incluye en sus programas uno denominado “Agua para la educación, educación para el agua”, cuyo fundamento es la implementación de soluciones de potabilización en los municipios, permitiendo a las comunidades de las escuelas rurales acceder al agua potable (Agua Para La Educación, Educación Para El Agua, n.d.).

A partir del año 2011 se han instalado 876 soluciones en 147 municipios de Colombia, que benefician a 98.187 personas entre estudiantes y comunidad circundante a las instituciones educativas (Agua Para La Educación, Educación Para El Agua, n.d.). Sin embargo, las herramientas existentes no contemplan una visualización e integración de los datos, que permita el análisis espacial de la información junto con la integración de la participación ciudadana, por tal motivo, se propone la implementación de una herramienta digital de georreferenciación que permite la consulta e interacción con las soluciones de potabilización instaladas por la fundación EPM entre los años 2011 al 2024.

De esta manera, el presente trabajo pretende ser una solución desde la ingeniería aprovechando la georreferenciación para maximizar el impacto de las soluciones de potabilización instaladas, evidenciando no solo la ubicación espacial de cada solución, sino también, identificación de áreas con mayores necesidades de agua potable, integración de datos demográficos, hidráulicos y civiles, además, de permitir a los usuarios acceder a información de cada solución, fomentado la participación comunitaria. De esta forma, la metodología del trabajo a implementar se concentra en tres ejes principales: revisión documental, clasificación y propuesta de herramienta digital, que nos permitirá alcanzar los objetivos propuestos.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Proponer una herramienta de georreferenciación digital que posibilite la revisión o consulta de las soluciones de potabilización instalados en Colombia desarrollados por la fundación EPM desde el 2011 al 2024.

### **2.2 Objetivos específicos**

Clasificar las soluciones de potabilización de acuerdo con sus configuraciones estructurales e hidráulicas, por medio de los registros y la examinación de las bases de datos.

Establecer unos criterios base o pautas que permitan la creación del sistema de georreferenciación, implicando aspectos como la precisión, organización de los datos y herramientas a utilizar.

Proponer una herramienta digital que permita apreciar la ubicación de las soluciones de potabilización, proporcionando una interacción entre la fundación EPM y el usuario final beneficiario.

### 3. Marco teórico

La fundación EPM con el programa “agua para la educación, educación para el agua”, busca la instalación de soluciones de potabilización en los municipios relevantes para el Grupo EPM, facilitando a las comunidades de escuelas rurales oficiales el acceso al agua potable. Esto genera un entorno de bienestar y salud que beneficia los servicios educativos, al mismo tiempo que fomenta la responsabilidad social en la comunidad educativa y promueve el uso responsable del agua y la conservación del medio ambiente (Agua Para La Educación, Educación Para El Agua, n.d.).

Este tipo de soluciones se han instalado en 147 municipios de Colombia desde el 2011, con la instalación de 848 sistemas de potabilizaciones, beneficiando a 98.187 personas (Agua Para La Educación, Educación Para El Agua, n.d.), entendiéndose de esta manera, la importancia del agua potable y sus alcances para aumentar el bienestar de estas comunidades vulnerables.

El significado del agua y sus influencias a nivel mundial trae consigo una serie de impactos y estrategias que mejoran la calidad de vida de las personas, “para el 2022, 2.200 millones de personas todavía carecían de agua potable gestionada de forma segura, incluidas 115 millones de personas que bebían agua superficial” (WHO/UNICEF, n.d.), contemplando de esta manera el nivel de escasez de este recurso vital a nivel mundial.

Colombia, cuenta con un territorio rico en fuentes hídricas gracias a su ubicación geográfica, que le permite obtener este recurso, contenido en fuentes de agua tipo superficial y subterránea, sin embargo, esta agua no llega a todos los habitantes del país, aun cuando esta se encuentra distribuida equitativamente por todo el territorio, esta carencia se debe principalmente por (Gabriel Angarita Torres 1 -Jairo & Romero Rojas, n.d.):

***Escasez de agua por ausencia física o por calidad:*** Aumento en la necesidad de alimentos, expansión de las áreas urbanas, desarrollo industrial, fabricación de biocombustibles, intensificación de los efectos del cambio climático y deterioro de la calidad del agua.

***Escasez de agua por falta de infraestructura:*** Producto de la escasez de recursos financieros y de restricciones técnicas.

***Escasez de agua por dificultades organizaciones:*** Presenciado por la ausencia de entes rectores de las políticas para la administración del recurso.

### **3.1 Agua potable**

Para el ministerio de salud y protección social de Colombia el agua potable se define como aquella destinada al consumo humano, que debe cumplir con características físicas, químicas y microbiológicas que aseguren que no representa un riesgo para la salud. Debe ser clara, carecer de color y sabor, y no contener sólidos en suspensión (Entornos et al., s/f).

Desde 1958, la OMS (Organización Mundial de la Salud) ha publicado regularmente los “Estándares Internacionales de Agua Potable”, que posteriormente se renombraron como “Guías para la Calidad del Agua Potable”. Estas guías internacionales tienen como objetivo mejorar la calidad del agua potable y la salud de las personas, sirviendo como referencia para regular los estándares de agua en países de todo el mundo (Armoniz.EstandaresAguaPotable, n.d.).

Los principales contaminantes, que intervienen con la calidad del agua son (Armoniz.EstandaresAguaPotable, n.d.):

#### ***Contaminantes Microbiológicos***

**Coliformes Fecales:** Son microorganismos que representan una indicación de la contaminación fecal del agua.

**Coliformes Totales:** La detección de bacterias coliformes en el suministro de agua indica que este podría estar contaminado con aguas residuales u otros tipos de desechos en descomposición.

### ***Contaminantes inorgánicos***

**Arsénico:** Elemento extremadamente tóxico. El estándar establecido por la OMS para el arsénico en el agua es de 0.01 mg/l, el cual tiene una alta variabilidad en la mayoría de los países suramericanos al permitir concentraciones en el agua potable de 0.05 mg/l.

**Cadmio:** Es uno de los metales más tóxicos y es biopersistente. El nivel establecido por la OMS es de 0.003 mg/l.

**Cianuro:** Es una sustancia química, potencialmente letal, que actúa como tóxico a través de la inhibición de ciertas proteínas. Según el valor de 0.07 mg/l recomendado por la OMS el 44.44% de los países permite concentraciones mayores a esta que alcanzan un máximo de 0.2 mg/l.

**Cobre:** El cobre es un metal importante porque posee propiedades que lo hacen extraordinariamente útil para una diversidad de usos. El nivel recomendado de cobre por la OMS es de 2 mg/l.

**Cromo:** Es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas. Las guías de la OMS establecen un nivel máximo recomendable de 0.05 mg/l, en Colombia se encuentra por debajo del valor recomendado al permitir un nivel máximo de 0.01 mg/l.

**Mercurio:** El nivel establecido por la OMS es de 0.001 mg/l, el cual presenta un comportamiento muy homogéneo al ser adoptado por el 88.88% de los países.

El nitrato, nitrito, plomo y selenio son así mismo, contaminantes inorgánicos.

### ***Contaminantes Orgánicos***

**Benceno:** Sustancia química poco soluble en agua que se utiliza en la producción de productos químicos, plásticos y fibras sintéticas. La OMS ha establecido una concentración máxima de 10 µg/l para el benceno en el agua potable.

**Benzopireno:** Sustancia de hidrocarburo aromático altamente nociva, poco soluble en agua por tener propiedades hidrofóbicas. El nivel de la OMS para el benzopireno en el agua es de 0.7 µg/l.

**Monoclorobenceno:** Es un cloro aromático, relativamente insoluble en el agua. La OMS recomienda una concentración de 300 µg/l.

Tetracloruro de Carbono: Se encuentra con más frecuencia en forma de gas incoloro. El valor máximo recomendado por la OMS para este parámetro es de 2 ug/l.

### ***Plaguicidas***

Aldrina/Dieldrina: Sustancias que comparten una estructura química similar y que no ocurren naturalmente en el ambiente, las guías de la OMS establecen un límite máximo de 0.03 ug/l en el agua.

Clordano: Compuesto manufacturado que fue usado como plaguicida. La OMS establece en sus guías como concentración máxima que no perjudique la salud ni el medio ambiente un total de 0.2 ug/L.

Lindano: Se utiliza como insecticida para frutales y hortalizas. El límite recomendado por la OMS es de 2 ug/l.

Metoxicloro: Es una sustancia química manufacturada que no ocurre naturalmente en el ambiente. El límite recomendado por la OMS es de 20 ug/l.

### ***Sustancias que pueden producir quejar en los usuarios***

Aluminio: La OMS permite como máximo 0.2 mg/l para que no cause ningún daño en la salud humana.

Amoniaco: El límite recomendado por la OMS es de 1.5 mg/l.

Cloruro: La concentración máxima recomendada por la OMS es de 250 mg/l.

Hierro: Cuando el nivel de hierro en el agua excede los 0.3 mg/l recomendados por la OMS, el agua comienza a presentar sabor metálico y un olor ofensivo.

Sodio: Debido a que el sodio es explosivo y venenoso en el agua la OMS recomienda un nivel máximo de concentración de 200 mg/l.

Zinc: La OMS recomienda una concentración máxima de 3 mg/l.

Turbiedad: Puede ser causada por la presencia de partículas suspendidas y disueltas de gases, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos. El límite máximo recomendado por la OMS para el agua potable es de 5 UNT (unidades nefelométricas de turbidez).

En la actualidad estos contaminantes, pueden ser eliminados a partir del principio de potabilización que consiste en (Potabilización Del Agua | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL, n.d.):

***Pretratamiento:*** El primer paso implica la eliminación de sólidos grandes. Generalmente, se utiliza una reja para impedir que entren peces o ramas. Luego, se emplea un desarenador para separar la arena del agua y prevenir posibles daños a las bombas de la planta de potabilización.

***Floculación:*** Las bombas de baja presión trasladan el agua a una cámara de mezcla, donde se añaden los elementos que purifican el agua. En esta etapa del proceso de potabilización, también se ajusta el pH.

***Decantación:*** Se lleva a cabo una separación por gravedad de las partículas en suspensión presentes en el agua. Los sedimentos nocivos más densos se depositan en el fondo, donde se eliminan, mientras que los menos densos permanecen disueltos en el agua decantada.

***Filtración:*** Se hace pasar el agua por un medio poroso para eliminar los sedimentos menos densos. Estos filtros completan el proceso de eliminación de impurezas. Hay varios tipos de filtros, como los de arena o carbón activado, que pueden ser abiertos y funcionar por gravedad o cerrados y operados a presión.

***Desinfección del agua:*** Se incorpora cloro para eliminar bacterias y virus. Para desinfectar aguas subterráneas o manantiales naturales, también se pueden utilizar métodos como la irradiación con rayos ultravioletas o la aplicación de ozono.

***Análisis:*** Llevar a cabo varios análisis del agua para verificar que el proceso de potabilización ha sido efectivo.

### 3.2 Tipos de sistema de potabilización de agua

**Sistemas tradicionales:** Es el proceso implementado en las ETAP (Estación de tratamiento de agua potable), donde se siguen seis fases básicas: Pretratamiento, coagulación-floculación, decantación, filtración, desinfección del agua y Análisis (Qué Es El Proceso de Potabilización Del Agua y Cuáles Son Sus Fases, n.d.).

**Sistemas innovadores** (Tecnologías de Purificación de Agua | Tecnología de Agua Pura | ELGA LabWater, n.d.):

***Carbón Activado:*** Posee un laberinto de pequeños poros que varían entre 500 y 1000 nm, con una superficie de aproximadamente 1000 metros cuadrados por gramo. La estructura de esta superficie facilita la adsorción de impurezas orgánicas del agua y la descomposición catalítica del cloro libre, así como, de manera más lenta, de las cloraminas.

***La electrodesionización (EDI):*** Es una tecnología para el tratamiento de agua que emplea electricidad, intercambio iónico y resinas para eliminar especies ionizadas. Combina resinas y membranas de intercambio iónico que transfieren las impurezas iónicas a un flujo de agua residual o concentrada, produciendo agua purificada como resultado.

***Filtración Submicronica:*** La filtración opera de manera similar a un tamiz, creando una barrera física que, según el tamaño de los poros, evita el paso de partículas en los sistemas de agua purificada. Emplea filtros de membrana con un tamaño de poro generalmente entre 1 y 10 nm, capaces de eliminar partículas tan diminutas como las macromoléculas de proteínas.



En Colombia también se encuentra la fundación “Agua Por La Vida”, se estableció con el propósito de atender la demanda de agua potable en las regiones más vulnerables del país, con un enfoque especial en los niños. Los sistemas son capaces de proporcionar agua potable para hasta 1000 personas al día; enfocados en (Fundación Agua Por La Vida, n.d.):

Instalación de filtros de agua en escuelas, colegios y otras instalaciones comunitarias que beneficien a la comunidad.

Realizar labores de control y mantenimiento de los filtros instalados para asegurar su funcionamiento óptimo durante el periodo acordado con la comunidad.

Ofrecer a la comunidad beneficiaria la formación y capacitación necesarias sobre el uso y manejo adecuado del agua.

Ante el desarrollo de las soluciones de potabilización implementados en el territorio nacional, por parte de la fundación EPM y el problema identificado respecto a su ubicación u organización especial, se hace necesario generar una georreferenciación de estos dispositivos, entendiendo la georreferenciación como un proceso que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de coordenadas espacial diferente al que se encuentra (Geográfico Nacional & Arranz, n.d.); es decir, es la utilización de coordenadas de mapa para determinar la ubicación espacial de entidades cartográficas. Todos los elementos en una capa de mapa poseen una ubicación geográfica y una extensión definidas que les permiten ubicarse en la superficie de la tierra o en sus cercanías.

La capacidad para identificar con precisión las entidades geográficas es crucial tanto para la representación cartográfica como para los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Georreferenciación y Sistemas de Coordenadas, ArcGIS Resource Center, n.d.).

#### 4. Metodología

Para el desarrollo del proyecto y alcanzar los objetivos propuestos, se utilizó una metodología de enfoque cualitativo, esta metodología se concentró en cuatro ejes principales llevados a cabo de manera cronológica.

***Revisión documental:*** Requirió llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de información utilizando las bases de datos proporcionadas por la Fundación EPM. Este proceso se centró en la creación de un documento actualizado que contuviera las características principales de las soluciones de potabilización que fueron implementadas e instaladas desde 2011 hasta 2024. Para ello, se identificaron los registros y documentos que contenían datos sobre los proyectos realizados durante este período.

***Clasificación:*** Se realizó un análisis de los datos encontrados para cada una de las soluciones de potabilización instaladas, identificando sus características y propiedades. Esto permitió la organización de un documento o base de datos en Excel que contempló las recomendaciones o consideraciones para el establecimiento del sistema de georreferenciación.

***Definición de la herramienta digital más apropiada para el propósito establecido:*** Se realizó una búsqueda de un sistema digital que posibilitara la georreferenciación de las soluciones de potabilización instaladas en el territorio nacional y que permitiera establecer su ubicación espacial para facilitar una interrelación entre la Fundación EPM y los usuarios beneficiarios del sistema.

***Propuesta de herramienta digital:*** El desarrollo de la herramienta partió de la revisión de los datos existentes, posteriormente se definió la estructura del sistema y la tecnología a implementar, luego, se implementó el sistema de georreferenciación en una interfaz propuesta y finalmente se realizaron pruebas de funcionalidad y validación.

## 5. Análisis de resultados

Partiendo de la investigación inicial, se recopilaron los datos y el registro de las soluciones de potabilización proporcionados por la Fundación EPM, los cuales abarcan un periodo entre 2011 y 2024. Estos registros permiten obtener una visión detallada de las instalaciones realizadas en este tiempo, que han sido clave para el suministro de agua potable en diversas regiones. Con base en esta información, se elaboró un registro general que organiza y compila la base de datos de las 876 soluciones de potabilización implementadas, proporcionando un panorama completo sobre los aspectos de cada una.

Estos registros incluyen una variedad de parámetros fundamentales, tales como el periodo de ejecución del proyecto, el aliado ejecutor, y las fechas clave como la de instalación y entrega. Además, se incluye la modalidad de entrega, lo que define el tipo de contrato o convenio de las soluciones. También se analiza la legalidad del predio donde se implementaron las soluciones, lo que asegura que las instalaciones estén dentro de los marcos normativos legales, y la concesión de aguas, que detalla el tipo de autorización para la explotación del recurso hídrico.

La ubicación geográfica de cada instalación se incluye mediante la identificación del departamento, subregión, municipio y vereda correspondientes, lo que permite visualizar la cobertura territorial de las soluciones. Además, se incorpora información sobre la institución beneficiaria, lo que facilita conocer el impacto de cada instalación en las comunidades locales. En cuanto al perfil de los beneficiarios, se detalla el número total de estudiantes, distribuidos según los niveles educativos de primera infancia, primaria y bachillerato, lo que refleja el alcance de las soluciones en las poblaciones estudiantiles.

Se especifica también el tipo de tecnología empleada en las soluciones de potabilización, así como el tipo de filtro utilizado, dos elementos cruciales para garantizar la calidad del agua. En algunos casos, se añadieron las coordenadas geográficas de cada instalación, junto con la altitud en metros sobre el nivel del mar (msnm), lo cual resulta relevante para evaluar las condiciones climáticas y geográficas que podrían influir en el funcionamiento de las soluciones.

Finalmente, la tabla recoge características adicionales relacionadas con el tamaño y tipo de estructura de las instalaciones, permitiendo comprender mejor las infraestructuras utilizadas. Asimismo, se documentan otros aspectos específicos del diseño, la implementación y los procesos asociados a cada solución de potabilización, lo que contribuye a una visión integral de las operaciones y su eficacia en el abastecimiento de agua potable a las comunidades beneficiadas.

Una vez procesados los datos recopilados, se extrajeron los elementos y características clave que permitieron realizar una correcta clasificación de las soluciones de potabilización, asegurando que fueran relevantes tanto para la gestión de proyectos como para el análisis espacial y la integración entre la comunidad y la Fundación EPM propósito fundamental de este trabajo.

Con esta información, se construyó una tabla en Anexo 1. que incluye los siguientes ítems: el periodo del año en que se realizó la construcción, el departamento, la subregión, los municipios, las veredas, el nombre de la institución, el número total de estudiantes beneficiarios, el tipo de tecnología utilizada, el tipo de filtro empleado, el tipo de estructura, así como las coordenadas geográficas y la altitud. Este análisis permitió establecer una organización interna de las soluciones de potabilización, categorizándolas de acuerdo con sus configuraciones estructurales e hidráulicas, lo que facilita su evaluación y seguimiento en el marco de futuras intervenciones y mejoras.

Inmediatamente después de la recopilación y organización de los datos, se procedió a establecer los criterios fundamentales para configurar el sistema de georreferenciación, definiendo claramente los parámetros necesarios para asegurar la precisión del proceso. Dentro de la base de datos de las soluciones de potabilización, se evidenció que, de las 876 instalaciones realizadas, 421 no contaban con las coordenadas de instalación, lo que representaba un 48,06% de los registros sin información precisa sobre la ubicación exacta de cada intervención. Este vacío de datos geoespaciales resultó ser un reto significativo para realizar un análisis completo de la distribución territorial de las soluciones de potabilización.

Para resolver esta carencia, se llevó a cabo una exhaustiva búsqueda de las coordenadas faltantes, utilizando como base los códigos del DANE asignados a cada institución. A través de este método, se intentó localizar las coordenadas exactas para las instituciones educativas que no

contaban con esta información en la base de datos. El proceso de búsqueda se facilitó utilizando dos fuentes complementarias: una base de datos de escuelas proporcionada por el DANE en Anexo 2 y otra proporcionada por la Gobernación de Antioquia en Anexo 3. A pesar de este esfuerzo, no se logró obtener las coordenadas precisas de las instituciones educativas intervenidas en las bases de datos disponibles, lo que limitó la georreferenciación de las soluciones a un nivel veredal en lugar de a nivel institucional.

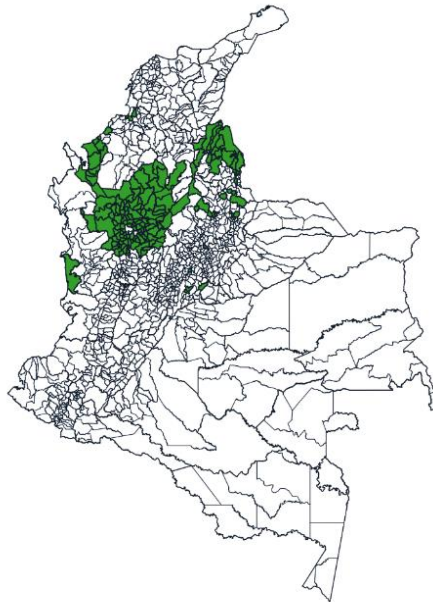
Ante esta limitación, el análisis geoespacial se centró en las veredas de los municipios donde se implementaron las soluciones, utilizando un sistema de georreferenciación a nivel de esta unidad administrativa. Las bases de datos empleadas para la georreferenciación fueron obtenidas del geoportal del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi),(Base de Datos Vectorial Básica. Colombia. Escala 1:100.000. Año 2022 - Colombia En Mapas, n.d.) en el cual se utilizó un Shapefile de las veredas de Colombia, delimitadas por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) elaborado el 31 de diciembre de 2020.

La herramienta seleccionada para llevar a cabo este proceso fue QGIS, debido a su capacidad de implementación sencilla y su accesibilidad como software de libre acceso, sin restricciones ni licencias que pudieran limitar su uso. Además, QGIS permite una manipulación flexible de los datos geoespaciales y la integración de diferentes tipos de información geográfica, lo que facilitó la tarea de visualizar y analizar los resultados de manera precisa.

El proceso de georreferenciación comenzó con la identificación del código veredal a nivel nacional de las zonas donde se instalaron las soluciones de potabilización, integrando dicho código en la tabla del Anexo 1. Esto permitió exportar la base de datos, lo que a su vez facilitó la representación gráfica de las veredas donde se implementaron las soluciones de potabilización entre 2011 y 2024. Se constató que, de las 876 soluciones instaladas, 22 correspondieron a las mismas veredas, lo que resultó en un total de 854 veredas georreferenciadas a nivel nacional. Esta visualización es esencial para comprender la distribución geográfica de las intervenciones y para identificar posibles áreas de oportunidad o necesidades de intervención en el futuro.

Para asegurar la precisión de las coordenadas y la correcta proyección de los datos, se utilizó el sistema de referencia EPSG: 9377 MAGNA SIRGAS 2018 – Origen nacional, que es el estándar geodésico oficial de Colombia. Este sistema de referencia se aplicó a los shapefiles generados durante el proceso de georreferenciación, garantizando que todos los datos geoespaciales estuvieran alineados correctamente con el marco geográfico nacional, lo que facilita su análisis y comparación a nivel regional y nacional.

**Figura 1.** *Georreferenciación de las soluciones de potabilización nivel municipal 2024.*



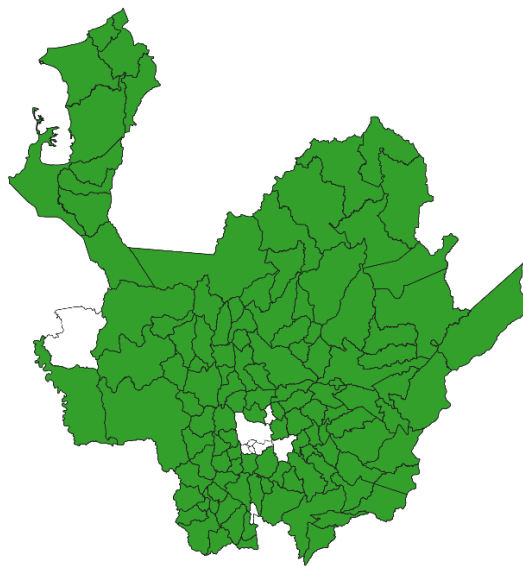
*Nota.* Fuente, Elaboración propia, 2024.

**Figura 2.** *Georreferenciación de las soluciones de potabilización nivel veredal 2024.*



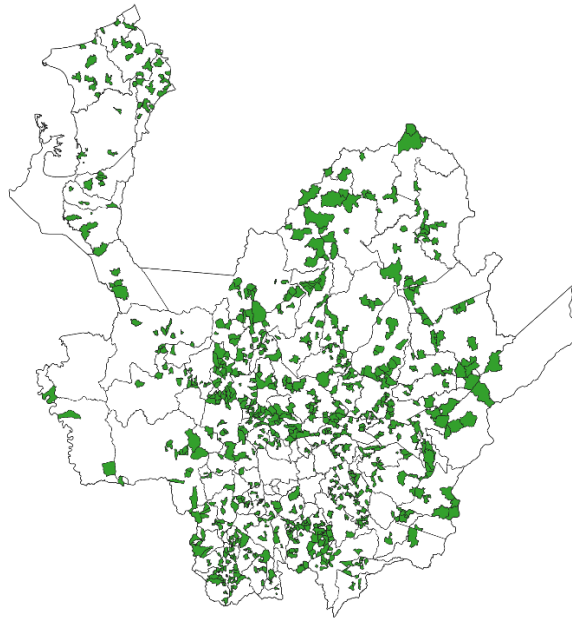
*Nota.* Fuente, Elaboración propia, 2024.

**Figura 3.** *Georreferenciación de las soluciones de potabilización en Antioquia nivel municipal 2024.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia, 2024.

**Figura 4.** *Georreferenciación de las soluciones de potabilización en Antioquia nivel veredal 2024.*



*Nota.* Fuente, Elaboración propia, 2024.

### **5.1 Resultado interfaz digital**

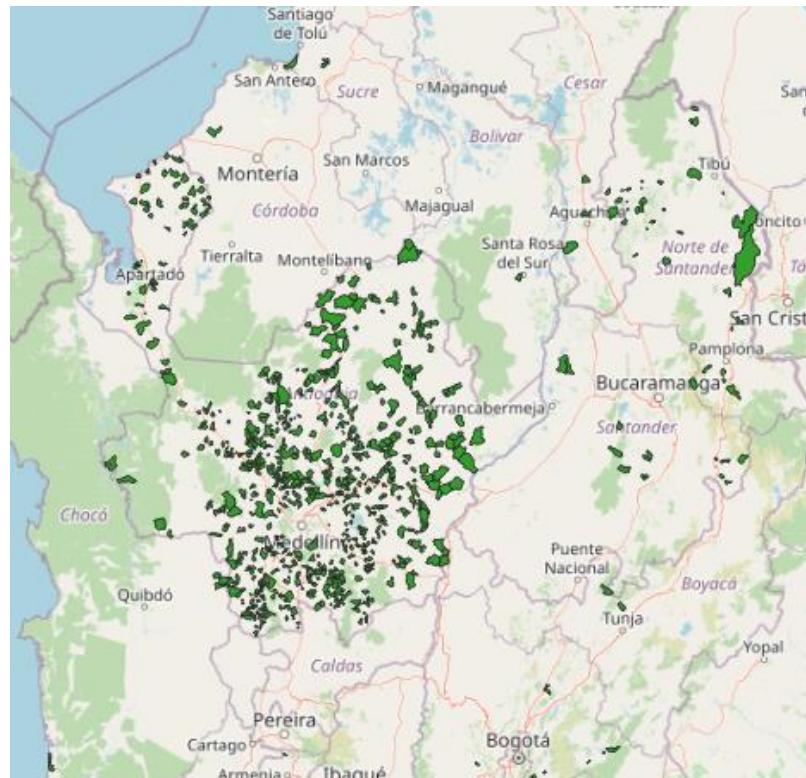
El acceso es libre a través del link: [https://qgiscloud.com/cristianmoralma/SP\\_AguaParaLaEducacion\\_2011\\_2024/](https://qgiscloud.com/cristianmoralma/SP_AguaParaLaEducacion_2011_2024/).

Una vez georreferenciadas las soluciones de potabilización en QGIS, se procedió a la exportación y publicación del mapa y los datos en una interfaz web interactiva, denominada QGIS Cloud. Esta plataforma permite la visualización de las 854 veredas georreferenciadas a nivel nacional. QGIS Cloud fue seleccionada por su fácil acceso, ya que es compatible tanto con PC como con dispositivos móviles, además de ser gratuita. No obstante, tiene una limitación de espacio de 50 MB, lo que la convierte en una herramienta idónea para este tipo de aplicaciones, permitiendo realizar la consulta y evidenciar la ubicación de las soluciones de potabilización instaladas en Colombia desarrolladas por la Fundación EPM desde el 2011 al 2024.



El acceso a la información es libre y se puede realizar a través del Anexo 4 o mediante el enlace proporcionado. En dicho recurso, se pueden visualizar de manera gráfica las diferentes soluciones de potabilización implementadas por la Fundación EPM en diversas zonas rurales; cada solución está acompañada de los siguientes parámetros de información: ubicación geográfica detallada por departamento, subregión, municipio y vereda; nombre de la institución educativa beneficiada; el período del año en que se ejecutó el proyecto; el número de estudiantes beneficiarios; la tecnología implementada; el tipo de filtro utilizado y las características de la infraestructura construida. De esta manera, se facilita la integración y el acceso a la información entre las instituciones educativas, las comunidades locales y la Fundación EPM, lo que constituye el propósito fundamental de este trabajo.

**Figura 5.** Georreferenciación de las soluciones de potabilización en QGIS Cloud nivel veredal 2024.



Nota. Fuente, Elaboración propia, 2024.

## **6. Conclusiones y recomendaciones**

La clasificación de las soluciones de potabilización según sus características estructurales e hidráulicas favorece una evaluación detallada y un monitoreo constante, lo que ayuda a identificar oportunidades para realizar mejoras en el futuro. Este enfoque no solo mejora la gestión técnica y operativa, sino que también fortalece el vínculo entre la Fundación EPM y las comunidades, permitiendo una planificación y ejecución de proyectos más eficiente y adaptada a las necesidades específicas de cada localidad.

A pesar de los esfuerzos realizados para obtener las coordenadas exactas de las instituciones educativas donde se implementaron las soluciones de potabilización, la falta de datos completos representando en un 48,06% y la dificultad para acceder a información precisa en las bases de datos disponibles restringieron el alcance de la georreferenciación. Como resultado, se optó por realizar la georreferenciación a nivel veredal, lo cual, aunque es útil para el análisis espacial, no permite un mapeo completamente detallado de cada una de las instalaciones.

La inclusión de coordenadas geográficas es fundamental para analizar la distribución de las soluciones de potabilización en el territorio. La falta de datos resalta la necesidad de mejorar la recopilación y actualización de la información geoespacial en futuros proyectos, lo que permitirá aumentar la precisión de los análisis, facilitará una gestión más eficiente del programa y optimizará la gestión de las intervenciones.

La herramienta QGIS demostró ser adecuada para la georreferenciación debido a su facilidad de acceso y su capacidad para manejar grandes cantidades de datos sin limitaciones de licencias. Este software permitió exportar y visualizar de manera gráfica los datos geoespaciales, lo que facilitó el análisis y la comprensión de la distribución de las soluciones de potabilización en el territorio. Así, fue posible identificar patrones de distribución, zonas con mayor necesidad de soluciones y regiones potencialmente desatendidas, proporcionando una base sólida para futuras intervenciones, además, con la integración de QGIS Cloud se mejora la accesibilidad, visualización, y transparencia de la información geoespacial, facilitando la toma de decisiones y

permitiendo una participación más amplia de los usuarios en el análisis y monitoreo de proyectos o soluciones.

El proceso de georreferenciación ha sido un aporte fundamental a mi formación profesional, al integrar soluciones técnicas y proporcionar una herramienta esencial para el análisis, diseño y gestión de proyectos de infraestructura, como aquellos relacionados con la potabilización de agua. Esta herramienta facilita la toma de decisiones informadas en la planificación de obras y la distribución eficiente de recursos. Además, no solo tiene un rol técnico, sino que también trae consigo un impacto significativo en la mejora de la calidad de vida de las comunidades, principio fundamental de la ingeniería civil.

## Referencias

- Agua para la educación, educación para el agua. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://www.grupo-epm.com/site/fundacionepm/quehacemos/programas/aguaparalaeducacion-educacionparaelagua/>
- Armoniz.EstandaresAguaPotable. (n.d.).Recuperado el 30 de septiembre de 2024, de <https://www.oas.org/dsd/publications/classifications/Armoniz.EstandaresAguaPotable.pdf>
- Base de datos vectorial básica. Colombia. Escala 1:100.000. Año 2022 - Colombia en mapas.* (n.d.). Retrieved January 6, 2025, from <https://www.colombiainmapas.gov.co/?e=-82.43784778320864,-0.17644239911865092,-71.23179309571162,9.90326984502256,4686&b=igac&u=0&t=23&servicio=205#>
- Entornos, E. N. Q. en, vida y salud. Para tal efecto, no se G. R. a. N., De saneamiento, D. A. y. D. P., & de agua para consumo humano., Q. C. a. la D. de C. Q. P. L. a. las F. H. N. Q. A. L. D. S. de S. (s/f). del agua y saneamiento básico. Gov.co. Recuperado el 30 de septiembre de 2024, de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>
- Fundación Agua Por La Vida. (n.d.). Aguaporlavid.org. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://aguaporlavid.org/>
- Gabriel Angarita Torres 1 -Jairo, L., & Romero Rojas, A. (n.d.). Opciones para mitigar la escasez de agua potable en Colombia Options to mitigate drinking water scarcity in Colombia.
- Geográfico Nacional, I., & Arranz, C. (n.d.). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. “Propuesta Metodológica” DÁVILA MARTÍNEZ, FRANCISCO JAVIER.
- Georreferenciación y sistemas de coordenadas | ArcGIS Resource Center. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n000000s000000.htm>
- Potabilización del agua | ACCIONA | BUSINESS AS UNUSUAL. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from [https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?\\_adin=11734293023](https://www.acciona.com/es/tratamiento-de-agua/potabilizacion/?_adin=11734293023)
- Propósito, misión y visión. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://www.grupo-epm.com/site/fundacionepm/quienessomos/propositomisionyvision/>
- Qué es el proceso de potabilización del agua y cuáles son sus fases. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua-y-cuales-son-sus-fases/>
- Tecnologías de purificación de agua | Tecnología de agua pura | ELGA LabWater. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://es.elgalabwater.com/technologies>

WHO/UNICEF Joint Monitoring Program for Water Supply, Sanitation and Hygiene (JMP) – Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2022: Special focus on gender | UN-Water. (n.d.). Retrieved September 29, 2024, from <https://www.unwater.org/publications/who/unicef-joint-monitoring-program-update-report-2023>

## **Anexos**

Anexo 1. Base de datos de escuelas Fundación EPM – Georreferenciación.

Anexo 2. Base de datos de escuelas proporcionada por el DANE.

Anexo 3. Base de datos de escuelas proporcionada por la Gobernación de Antioquia.

Anexo 4. Link: [https://qgiscloud.com/cristianmoralma/SP\\_AguaParaLaEducacion\\_2011\\_2024/](https://qgiscloud.com/cristianmoralma/SP_AguaParaLaEducacion_2011_2024/).