

**CARACTERIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS CASO DE ESTUDIO
INSTITUCION EDUCATIVA MARIA INMACULADA RURAL VEREDA EL PARAISO
EN EL MUNICIPIO DE FLANDES TOLIMA**

PAULA LORENA GARAY YEPES

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL
GIRARDOT
2024**

**CARACTERIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS CASO DE ESTUDIO
INSTITUCION EDUCATIVA MARIA INMACULADA RURAL VEREDA EL
PARAISO EN EL MUNICIPIO DE FLANDES TOLIMA**

PAULA LORENA GARAY YEPES

Paula-garayy@upc.edu.co

Director de trabajo de grado

JESÚS FLAMINIO OSPITIA PRADA

Jesus-ospitia@unipiloto.edu.co

Ingeniero civil

Trabajo de grado presentado para optar el Título de Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL
GIRARDOT
2024**

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Jurado

AGRADECIMIENTOS

Querida familia, y docentes,

Actualmente concluyo un periodo crucial en mi trayectoria académica, caracterizada por numerosos desafíos, aprendizajes y experiencias memorables. Al cerrar este capítulo, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos ustedes por su esfuerzo y confianza en mí durante este proceso.

A mis padres Miguel Alfonso Garay y Andrea Yepes, quienes siempre han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación, les agradezco por su amor incondicional, paciencia y sacrificio. Su continuo respaldo me ha proporcionado la fortaleza necesaria para avanzar, incluso en los momentos más desafiantes.

Mi bebe perruno Emilio que es mi mayor motivación mi felicidad que con unas 4 patitas me ha demostrado el amor incondicional

mi hermano Miguelito Garay, mi mayor motor por quien luche día a día para demostrarle que su niña ha culminado su carrera que lo amo incondicionalmente

a mis angelitos perrunos por quien luchaba día a día para brindarles un buen bienestar, pero desde el cielo me guían y me acompañan

A mis mentores y profesores, les estoy profundamente agradecida por su guía experta, sabiduría y dedicación. Sus enseñanzas fueron esenciales para mi desarrollo académico y profesional. Aprecio profundamente su apoyo constante y sus valiosos consejos.

Este proyecto de grado no solo constituye la culminación de mis esfuerzos académicos, sino también el comienzo de una nueva fase en mi trayectoria profesional. Espero que este trabajo no solo sea un testimonio de mi dedicación y pasión por mi campo de estudio, sino también una contribución significativa al conocimiento en esta área.

Finalmente, quiero expresar mi más sincera gratitud a todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a este proceso. Su apoyo incondicional ha sido fundamental para mi éxito y estoy eternamente agradecido.

Con cariño y gratitud.

Paula Lorena Garay Yepes

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme guiado y brindado la sabiduría necesaria para culminar mi sueño de formarme como una profesional destacada.

A mi mayor motivación mis padres Andrea Yepes y Miguel Garay por su gran apoyo quienes me han brindado su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de perseverancia. Gracias por creer en mí y por alentarme a seguir adelante en los momentos de dificultad

A mi hermano Miguelito Garay por su compañía, comprensión y ánimo durante todo este proceso. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso del camino.

A mi angelito que desde el cielo me guio y me motiva para poder culminar mi carrera mi Zulay que desde arriba me acompaño en las carreteras para venir a estudiar que gracias a ella hoy soy lo que soy la amo incondicionalmente y sé que en este proceso que se viene ella me seguirá acompañando y guiando por el camino correcto.

A mi compañera Jennyfer Montoya por su compañía incondicional y su verdadera amistad en todo esto proceso académico que le deseo mil bendiciones para que pueda ser una excelente ingeniera y podernos encontrar en nuestra vida laboral y seguir siendo un buen equipo bendiciones Jenny.

A aquellas personas que, de diversas maneras, han contribuido a la ejecución de este proyecto, ya sea mediante su colaboración, consejos o su motivación.

Este logro no habría sido posible sin el apoyo y la contribución de cada uno de ustedes. Su confianza en mí me ha impulsado a dar lo mejor de mí mismo y a alcanzar mis metas.

CONTENIDO

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCION	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:.....	14
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA:	14
3. JUSTIFICACIÓN:	15
4. OBJETIVOS	16
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
5. MARCO REFERENCIAL:.....	17
5.1 ANTECEDENTES:	17
5.1.1. INTERNACIONAL:.....	17
5.1.2. NACIONAL:	18
5.1.3. MUNICIPAL:	20
5.2. MARCO TEORICO.....	20
5.2.1. CARACTERIZACION:	20
5.3. MARCO CONCEPTUAL:	30
5.4. MARCO LEGAL:	31
5.4.1 CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA:.....	31
5.4.2 LEY 142 DE 1994 SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS.....	31
5.4.3 ARTÍCULO 164. INCORPORACIÓN DE COSTOS ESPECIALES.....	32
5.4.4 ARTÍCULO 166. VALORIZACIÓN PARA INVERSIONES EN AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.....	32
5.5.5. Resolución 0330 - 2017 - Min vivienda	33
5.4.6. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio República de Colombia RESOLUCIÓN NÚMERO (0799) 09 DIC 2021 "Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017" EL MINISTRO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO:.....	33
5.4.7. MINISTERIO DE LA Protección SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Resolución NÚMERO 2115 22 JUN 2007: 34	
5.4.8. Decreto 1575 de 2007:.....	34
5.4.9..... MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL RESOLUCIÓN NÚMERO "(,0 O 0 e 1 72 DE 2022 - 4 FEB 2022	35
5.5. MARCO GEOGRAFICO:.....	36
5.5.1. COLOMBIA:.....	36

5.5.2. MUNICIPIO FLANDES TOLIMA:	37
5.5.3. VEREDA EL PARAISO:	37
5.6. MARCO DEMOGRAFICO:	43
5.6.1. Población de estudio y de la vereda:	43
5.7. INSTITUCIONAL:	44
6. DELIMITACION.....	45
7. DISEÑO METODOLOGICO	46
7.1. Tipo de investigación:	46
7.2. técnicas de recolección de información:.....	47
7.3. Fases de procedimiento:.....	47
8. RECURSOS	52
9. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	54
9.1. MUESTRA DE LABORATORIO:	56
10. CONCLUSIONES.....	60
11. RECOMENDACIONES	62
12. ANEXOS.....	64
12.1 CERTIFICADO DE ASISTENCIA ACOFI 2023.....	66
12.2. CERTIFICADO DE PONENCIA:.....	67
13.REFERENCIAS	68

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Proceso de Tratamiento.....	31
Ilustración 2: COLOMBIA	38
Ilustración 3: MUNICIPIO FLANDES TOLIMA	39
Ilustración 4: vereda el paraíso	39
Ilustración 5: MAPA GEOLOGICO DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA	41
Ilustración 6: ubicación de la vereda "El paraíso"	44
Ilustración 7: censo nacional de población y vivienda 2018	44
Ilustración 8: escuela maría inmaculada	45
Ilustración 9: coordenadas de la institución educativa	67
Ilustración 10: toma de muestras	68
Ilustración 11: toma de muestras	68
Ilustración 12: certificado de asistencia.....	69
Ilustración 13: certificado de ponencia	70

GLOSARIO

- **Caracterización:** Proceso de identificación y descripción de las propiedades físicas, químicas y biológicas de un sistema o sustancia.
- **Recurso hídrico:** Cualquier forma de agua natural o artificial que es útil para satisfacer las necesidades humanas y ambientales.
- **Agua subterránea:** Agua que se encuentra debajo de la superficie terrestre, en los poros y grietas de las rocas y el suelo, formando acuíferos.
- **Calidad del agua:** Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud de un cuerpo de agua para satisfacer las necesidades humanas y ambientales.
- **Parámetros físico-químicos:** Características medibles de un sistema acuático, como pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, entre otros.
- **Microorganismos patógenos:** Organismos microscópicos que pueden causar enfermedades en seres humanos y otros organismos vivos.
- **Fuentes de contaminación:** Orígenes o puntos de emisión de sustancias contaminantes que pueden afectar la calidad del agua, como vertidos de aguas residuales, infiltraciones de pesticidas, entre otros.
- **Mitigación:** Acciones o medidas tomadas para reducir o evitar los impactos negativos de un problema ambiental, como la contaminación del agua.
- **Gestión integrada del agua:** Enfoque que considera la gestión de los recursos hídricos de manera integral, teniendo en cuenta aspectos sociales, económicos y ambientales para garantizar su uso

RESUMEN

En el análisis de caracterización de aguas subterráneas en la institución Educativa María Inmaculada, situada en la vereda “El Paraíso” del municipio de Flandes – Tolima, se centra en evaluar la calidad de agua subterránea destinada al consumo humano y otros usos en esta zona rural.

La investigación se enfoca en el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los acuíferos, así como en la identificación de posibles fuentes de contaminación y su impacto en la calidad del recurso hídrico. Se utilizan técnicas de muestreo y análisis para recopilar datos sobre la presencia de microorganismos patógenos, entre otros.

Los resultados obtenidos indican la aparición de ciertos contaminantes que superan los límites permitidos para el uso de este recurso hídrico, conforme a las normativas vigentes. Se identifican posibles fuentes de contaminación, como vertidos de aguas residuales, infiltraciones de pesticidas agrícolas o actividades industriales cercanas.

Con base en estos hallazgos, se proponen medidas de mitigación y manejo adecuado de las fuentes de contaminación, se presentan recomendaciones para el tratamiento y la seguridad de los acuíferos en la zona estudiada. Este trabajo contribuye a optimizar la gestión del recurso hídrico y a asegurar el acceso a agua potable segura para la comunidad escolar y residentes de la vereda “El Paraíso”.

Palabras claves: Agua subterránea, tratamiento, consumo humano, recurso hídrico, contaminación.

ABSTRACT

In the analysis of groundwater characterization at the Educational Institution María Inmaculada, located in the "El Paraíso" path of the municipality of Flandes - Tolima, it focuses on assessing the quality of groundwater intended for human consumption and other uses in this rural area.

The research focuses on the analysis of physico-chemical and microbiological parameters of aquifers, as well as the identification of possible sources of pollution and their impact on water resource quality. Sampling and analysis techniques are used to collect data on the presence of pathogenic micro-organisms, among others.

The results obtained indicate the appearance of certain pollutants that exceed the limits allowed for the expenditure of this water resource, in accordance with current regulations. Potential sources of pollution are identified, such as sewage discharges, agricultural pesticide infiltration or nearby industrial activities.

Based on these findings, mitigation measures and appropriate management of pollution sources are proposed, recommendations for treatment and safety of aquifers in the studied area are presented. This work contributes to optimize water resource management and ensure access to safe drinking water for the school community and residents of the "El Paraíso" trail.

Keywords: groundwater, treatment, human consumption, water resources, pollution.

1. INTRODUCCION

La disponibilidad y calidad del agua subterránea son aspectos esenciales para asegurar la salud de la población y el desarrollo sostenible en áreas rurales como la vereda “El Paraíso”, ubicada en el municipio de Flandes – Tolima. En este contexto, en la Institución Educativa María Inmaculada ha desempeñado un papel crucial al proporcionar educación y servicios básicos a la comunidad local. No obstante, la preocupación por la seguridad ya calidad del agua utilizada en esta institución y sus alrededores es un tema de creciente relevancia debido a la posible contaminación del agua subterránea

La presente investigación tiene como finalidad realizar una caracterización detallada de las aguas subterráneas en la vereda “El Paraíso”, con un enfoque particular en la zona adyacente a la escuela María Inmaculada. Se busca evaluar la calidad del agua utilizada para consumo humano y otros usos, así como analizar las posibles fuentes de contaminación y su impacto en el recurso hídrico subterráneo.

Para lograr este objetivo, se llevará a cabo un análisis detallado de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas en muestras de esta fuente hídrica obtenida de los aljibes y fuentes cercanas a la institución educativa. Se emplearán técnicas de muestreo y análisis reconocidas internacionalmente para recopilar datos sobre pH, temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, metales pesados, nutrientes y presencia de microorganismos patógenos.

Para el tratamiento de agua suministrada a esta vereda se refleja en los estudios de laboratorio, los cuales analizaran los contaminantes de este recurso hídrico ya sean físicos, químicos o microbiológicos, teniendo en cuenta la resolución 2115 del 2007, la cual indica que parámetros máximos aceptables que se deben cumplir para que esta fuente no afecte el bienestar de los habitantes.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El presente trabajo se llevará a cabo en el municipio de Flandes – Tolima, que cuenta con una población de 165 habitantes (FLANDES, 2021). Esta caracterización e investigación se basa en un análisis de las aguas subterráneas del municipio, teniendo en cuenta la disponibilidad de agua potable para el sector rural de la ciudad de Flandes.

El municipio de Flandes se beneficia de un significativo recurso hídrico, el cual reside el nombre de “Rio Magdalena”. Este importante río colombiano nace en la provincia del Huila, desemboca en el Mar Caribe y es navegable desde Honda hasta su desembocadura. Su principal afluente es el río Cauca. La cuenca del río Magdalena abarca el 24% del territorio continental del país y atraviesa 20 de las 32 provincias de Colombia, incluyendo Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Cundinamarca, Tolima, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar (FLANDES, 2021).

El municipio de Flandes obtiene su suministro de agua cruda del río Magdalena. Dispone de dos estaciones de bombeo, cada una equipada con dos motobombas, con un caudal afluente de 122.63 litros por segundo (lt*s) (AQUALIA, 2023).

La Planta de Tratamiento de Agua Potable es una instalación convencional situada a un kilómetro y medio del parque Santander en el municipio de Flandes, con una capacidad de diseño de 145 litros por segundo (lt*s) (AQUALIA, 2023).

El tratamiento del agua se realiza mediante procesos de coagulación, floculación y sedimentación en dos trenes de tratamiento, cada uno compuesto por tanques floculadores – sedimentadores tipo manto de lodos, con flujo vertical por pulsos. Este proceso es completamente automático y eficiente, sin necesidad de sistemas de bombeo. El agua se transporta mediante bombeo, utilizando estructuras de redes en PVC, mientras que la red de aducción está construida en hierro dúctil (HD) (AQUALIA, 2023).

2.2. FORMULACION DEL PROBLEMA:

¿Cuál sería la tecnología de tratamiento aplicable a las características físicas, químicas y microbiológicas encontrada en el agua subterránea de la vereda “El Paraíso” del municipio de Flandes Tolima?

3. JUSTIFICACIÓN:

El servicio de agua potable en Colombia presenta problemas de salubridad, en muchos de los casos el agua que llega a consumidor final no es apta para el consumo humano y en algunas ocasiones ni se cuenta con este servicio. Debido al riesgo de la calidad de agua, para los colombianos se generan inconvenientes tales como:

- Sobrecostos
- desperdicio de agua
- obras inconclusas

el uso inadecuado de los recursos económicos, entre otros factores, puede llevar a pérdidas humanas debido a enfermedades causadas por el inadecuado tratamiento de agua potable, este recurso es esencial para la supervivencia diaria y las personas buscan de cualquier manera satisfacer esta necesidad.

Actualmente, una gran parte de la población aún no tiene acceso directo a este suministro. Un ejemplo es la escuela del municipio de Flandes – Tolima, con 12 estudiantes, donde se llevará a cabo la caracterización del agua subterránea. La población de la escuela María Inmaculada no cuenta con distribución de agua potable, ya que se encuentra en una vereda vulnerable y alejada del perímetro urbano. Para satisfacer esta necesidad, se propone realizar una caracterización fisicoquímica y microbiológica de las aguas subterráneas, con el objetivo de encontrar una solución a esta problemática mediante el uso de este recurso disponible.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización de aguas subterráneas caso de estudio institución educativa rural, ubicada en la vereda Paraíso del municipio de Flandes Tolima.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar toma de muestra y ensayos de laboratorio de las características físicas, químicas y microbiológicas.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos del análisis de laboratorio con los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 2115 del 2007.
- ✓ Analizar e identificar la tecnología de tratamiento aplicable según las características físicas químicas y microbiológicas.

5. MARCO REFERENCIAL:

5.1. ANTECEDENTES:

5.1.2. INTERNACIONAL:

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA DIMENSIÓN INTERNACIONAL. NOTAS JURÍDICAS SOBRE EL ACUÍFERO GUARANÍ:

El agua subterránea constituye el noventa y ocho por ciento (98%) del total de agua dulce disponible a nivel mundial. Muchos de los acuíferos más significativos son transfronterizos, es decir, se extienden bajo dos o más países. La extracción de agua por parte de un país puede agotar recursos hídricos cruciales en un país vecino, lo que podría generar conflictos a largo plazo. La gestión de estos acuíferos representa un desafío considerable, exacerbado por la falta de una convención internacional específica para los acuíferos transfronterizos. En América Latina y el Caribe, la gestión de las aguas subterráneas adquirirá mayor relevancia en los próximos años, debido a la creciente escasez de agua y a la mayor volatilidad y variabilidad climática, que se están convirtiendo en preocupaciones globales importantes (Solar, 2013).

GESTIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS:

La Directiva Marco del Agua (DMA) desempeñara un papel crucial en la promoción de la gestión y protección de los acuíferos en España. Para salvaguardar los acuíferos de la contaminación, la DMA exige estudios detallados, monitorea su comportamiento mediante redes piezométricas y masivas, y regula la extracción. Además, impone la regulación de actividades a través de normas y reglamentos estrictos para prevenir o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar su deterioro, así como el de las aguas superficiales y los ecosistemas acuáticos terrestres asociados. El agua subterránea es una fuente económica y eficiente. En España, solo el 20% de toda el agua de riego se utiliza para irrigar el 30% de la superficie total regada (unos 3.5 millones de hectáreas). Generalmente, su costo es significativamente menor que el del suministro de agua proveniente de represas y canales, los cuales suelen estar subsidiados (Andres Sahuquillo, 2023).

ELEMENTO TRAZA: CONTAMINACIÓN Y VALORES DE FONDO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE SAN LUIS POTOSÍ, SLP, MÉXICO:

La concentración de elementos traza en el agua subterránea está determinada por procesos y reacciones químicas naturales entre el agua y los minerales del acuífero. Estos procesos dependen de la mineralogía de la roca, la conductividad hidráulica, la porosidad efectiva y los patrones de flujo subterráneo. Para ciertos oligoelementos como Zn, Li, F, B y Fe, sus concentraciones naturales en aguas termales son directamente proporcionales a la salinidad, especialmente cuando esta se considera como el cuadrado de la concentración molar de sodio. Este fenómeno fue estudiado en aguas subterráneas de acuíferos profundos que abastecen a la ciudad de San Luis Potosí y presentan una composición térmica significativa (al menos 70% en volumen). Los resultados, basados en el concepto de valores de fondo, indicaron que las concentraciones de litio (0,01 a 0,22 mg/L) y fluoruro (0,3 a 3,6 mg/L) se originan de interacciones agua-roca (Antonio Cardona, 1991).

5.1.3. NACIONAL:

CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS MUNICIPIOS DE LA PAZ Y SAN DIEGO, CESAR, COLOMBIA:

En 2009, se realizó un estudio de las aguas subterráneas en 93 cisternas ubicadas en los municipios de La Paz y San Diego (Cesar), conforme al Decreto N° 1575/07 y la Resolución N° 2115/07 del Ministerio de la Protección Social y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Se evaluaron propiedades microbiológicas (determinación de *Pseudomonas aeruginosa* y protozoos patógenos) y fisicoquímicas (conductividad, pH, temperatura, sólidos disueltos totales, salinidad, acidez, alcalinidad, turbidez, nitrato, nitrito, hierro, magnesio, sodio y calcio). Estos últimos tres análisis son esenciales para calcular la capacidad de riego y demostrar la calidad del agua suministrada a los residentes de estas áreas (Liliana Vence Márquez¹, 2012).

La detección de *Pseudomonas aeruginosa* se llevó a cabo mediante filtración por membrana, mientras que los protozoos se identificaron utilizando la técnica de flotación centrífuga con sulfato de zinc. *Pseudomonas aeruginosa* se encontró en el 84,94% de las muestras analizadas (Liliana Vence Márquez¹, 2012).

EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN MAICAO (COLOMBIA) MEDIANTE TÉCNICAS HIDROQUÍMICAS E ISOTÓPICAS:

En el marco del proyecto RLA/8/031, se llevó a cabo un estudio integral en Maicao (Colombia) que abarcó hidrogeología, química del agua y análisis isotópicos (deuterio, oxígeno-18, tritio, carbono-13 y radiocarbono). El área de estudio, de 650 km², incluye tres acuíferos: el Cretácico (calizas) al sur de la falla de Oca; el Terciario (sedimentos marinos semiconsolidados) y el Cuaternario (principalmente sedimentos aluviales) al norte de la falla de Oca. Se identificaron tres tipos de aguas subterráneas en terrenos con altitudes entre 40 y 600 msnm: primero, aguas subterráneas de baja salinidad ($CE < 900 \mu S/cm$) y edad reciente (menos de 50 años) en el acuífero Cretácico y parte del acuífero Cuaternario adyacente al río Carraipía (principal fuente de agua superficial en

el área de estudio). El segundo tipo de agua es moderadamente mineralizado, isotópicamente empobrecido en comparación con el primer grupo y muy antiguo (más de 7000 años) (Toro, 2009).

ANÁLISIS DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS Y PATRONES DE CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ACUÍFERO CUATERNARIO DE YOPAL, CASANARE, COLOMBIA:

Los problemas de abastecimiento de agua en la ciudad de Yopal, Casanare, durante los últimos ocho años, han incrementado significativamente la demanda de recursos hídricos subterráneos. La consolidación de la información ha permitido elaborar una cartografía de la demanda de estos recursos y determinar las condiciones de los caudales subterráneos en el área de estudio. Los resultados indican que la geología del área favorece el almacenamiento, circulación y captación de aguas subterráneas, con una dirección predominante NW-SE (Gómez-Niño, 2020).

5.1.4. MUNICIPAL:

TRATAMIENTO DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA USO DOMÉSTICO, EN POBLACIÓN VULNERABLE DEL MUNICIPIO DE FLANDES – TOLIMA. CASO DE ESTUDIO VEREDA PUERTA BLANCA EN LA IED MARÍA INMACULADA AÑO 2022:

La búsqueda de agua potable para consumo humano ha sido históricamente un desafío para muchas comunidades, resultando en numerosas muertes debido a la escasez y baja calidad del agua. Esta situación afecta a la Institución Educativa María Inmaculada (IED), Sede Puerta Blanca, en el municipio de Flandes, Tolima, donde no se dispone de un servicio de agua potable apta para consumo y uso doméstico, vulnerando un derecho fundamental de la constitución nacional y uno de los objetivos de desarrollo sostenible establecidos por la ONU. La falta de agua potable expone a la población a riesgos de salud como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea, poliomielitis, malnutrición y dengue (Sanchez, Romero, Ospina, & Ospitia, 2022).

El objetivo principal de esta investigación es diseñar y construir un prototipo para el tratamiento de aguas subterráneas, conforme a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 de 2007, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población afectada (Sanchez, Romero, Ospina, & Ospitia, 2022).

5.2. MARCO TEORICO

5.2.1. CARACTERIZACION:

Propiedades Físicas Del Agua

- ✓ **Estado físico:** sólido, líquido y gaseoso
- ✓ **Color:** incoloro
- ✓ **Sabor:** insípido
- ✓ **Olor:** inodoro
- ✓ **Densidad:** 1 g./c.c. a 4°C
- ✓ **Punto de congelación:** 0°C
- ✓ **Punto de ebullición:** 100°C
- ✓ **Presión crítica:** 217,5 atm.
- ✓ **Temperatura crítica:** 374°C

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido, incoloro y transparente en capas delgadas. Adquiere un tono azul cuando se observa a través de espesores de seis a ocho metros debido a la absorción de radiaciones rojas. Sus constantes físicas se utilizan como puntos de referencia en la escuela termométrica centígrada. A una presión atmosférica de 760 mmHg, el agua hierve a 100°C, y su punto de ebullición se eleva 374°C, corresponde a una presión de 217,5 atmosferas. El calor de vaporación del agua es de 539 cal/g a 100°C (Diverquim, 2024).

Mientras que el hielo se funde al calentarse por encima de su punto de fusión, el agua líquida puede mantenerse sin solidificarse algunos grados por debajo de su temperatura de cristalización (agua subenfriada) y puede permanecer líquida a -20°C en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo. La solidificación del agua libera 79.4 cal por cada gramo de agua que se solidifica. El agua cristaliza en el sistema hexagonal y adopta diferentes formas según las condiciones de cristalización (Diverquim, 2024).

Las propiedades físicas del agua se deben principalmente a los enlaces de hidrogeno, los cuales son más numerosos en el estado sólido. En la red cristalina del hielo, cada molécula de agua está rodeada tetraédricamente por cuatro átomos de hidrogeno de otras moléculas de agua, formando una estructura estable. Al fundirse el hielo, esta estructura tetraédrica se desintegra, resultando en una mayor densidad del agua líquida en comparación con el hielo, debido a la proximidad de sus moléculas. Sin embargo, los enlaces de hidrogeno persisten en el agua líquida (Diverquim, 2024).

Cuando el hielo se calienta por debajo de su punto de fusión, y la temperatura aumenta por encima de este punto, los enlaces de hidrogeno se debilitan, incrementando la densidad del agua hasta alcanzar un valor máximo a 3.98°C y una presión de una atmosfera. A temperaturas superiores a 3.98°C , la densidad del agua líquida disminuye con el aumento de la temperatura, similar a otros líquidos (Diverquim, 2024).

Propiedades Químicas del Agua:

- ✓ Reacciona con los óxidos ácidos
- ✓ Reacciona con los óxidos básicos
- ✓ Reacciona con los metales
- ✓ Reacciona con los no metales
- ✓ Se une en las sales formando hidratos

1) Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxácidos (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

2) Los óxidos de los metales u óxidos básicos reaccionan con el agua para formar hidróxidos. Muchos óxidos no se disuelven en el agua, pero los óxidos de los metales activos se combinan con gran facilidad (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

3) Algunos metales descomponen el agua en frío y otros lo hacían a temperatura elevada (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

4) El agua reacciona con los no metales, sobre todo con los halógenos, por ej: Haciendo pasar carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua) (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

5) El agua forma combinaciones complejas con algunas sales, denominándose hidratos (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

En ciertos casos, los hidratos pierden agua de cristalización, alterando su apariencia y se denominan eflorescentes. Un ejemplo es el sulfato cúprico, que es azul cuando esta hidratado, pero al perder agua se convierte en sulfato cúprico anhidro, de color blanco. Por otro lado, existen sustancias como hidrófilas e higroscópicas. La sal que absorbe humedad se denomina deliquescente, como es el caso del cloruro de calcio (Propiedades Químicas del Agua, 2024).

El Agua como Compuesto Químico:

Aunque comúnmente se piensa que el agua natural es un compuesto químico con la formula H_2O , en realidad, debido a su alta capacidad disolvente, el agua en la naturaleza contiene diversas sustancias en solución y suspensión, constituyendo una mezcla. El agua químicamente pura es un compuesto con la formula molecular H_2O (Paramio, 2024).

El átomo de oxígeno tiene dos electrones desaparecidos. Para explicar la formación de la molécula de H_2O , se considera que la hibridación de los orbitales atómicos 2s y 2p da lugar a la formación de dos orbitales híbridos sp^3 . El traslape de cada uno de estos orbitales híbridos con el orbital $1s^1$ de un átomo de hidrogeno forma dos enlaces covalentes, generando la molécula de H_2O . Los orbitales sp^3 se orientan hacia los vértices de un tetraedro regular, mientras que los otros dos vértices son ocupados por los pares de electrones no compartidos del oxígeno. Esto cumple con el principio de exclusión de Pauli y la tendencia de los electrones desapareados a separarse lo más posible (Paramio, 2024).

Experimentalmente, se ha encontrado que el ángulo entre los dos enlaces covalentes oxígeno – hidrogeno es de 105° , y la longitud de enlace oxígeno – hidrogeno es de $0.96 \text{ \AA}$. Se requieren 118 kcal/mol para romper uno de estos enlaces covalentes en la

molécula de H_2O . El ángulo de enlaces experimental es menor que el teórico (109°) debido al efecto de los dos pares de electrones no compartidos del oxígeno, que son voluminosos y comprimen el ángulo de enlace a 105° (Paramio, 2024).

Las fuerzas de repulsión se deben a que los electrones tienden a mantenerse lo más separados posible debido a su carga similar, y cuando no están apareados, también se repelen (principio de exclusión de Pauli). Además, los núcleos atómicos con la misma carga se repelen mutuamente (Paramio, 2024).

Las fuerzas de atracción se deben a que los electrones y los núcleos se atraen mutuamente debido a sus cargas opuestas. El espín opuesto permite que dos electrones ocupen la misma región, pero manteniéndose lo más alejados posible del resto de los electrones (Paramio, 2024).

La estructura de una molécula es el resultado neto de la interacción de las fuerzas de atracción y repulsión (fuerzas intermoleculares), las cuales están relacionadas con las cargas eléctricas y el espín de los electrones (Paramio, 2024).

Según la definición de ácido y base de Brönsted-Lowry, los dos pares de electrones no compartidos del oxígeno en la molécula de H_2O le confieren características alcalinas. Los dos enlaces covalentes de la molécula de H_2O son polares porque el átomo de oxígeno es más electronegativo que el de hidrógeno, lo que da a la molécula un momento dipolar electrostático de 6.13×10^{-30} (coulombs)(angstrom), indicando que la molécula de H_2O no es lineal, sino angular (H-O-H) (Paramio, 2024).

El agua es un compuesto extremadamente versátil debido principalmente a su pequeño tamaño molecular, su capacidad para donar pares de electrones, la formación de puentes de hidrógeno entre sus moléculas y con otros compuestos que contienen enlaces N-H, O-H y F-H, su alta constante dieléctrica y su capacidad para reaccionar con compuestos formando otros solubles (Paramio, 2024).

El agua es posiblemente el compuesto químico más importante y versátil en las actividades humanas, actuando como ácido, base, ligando, agente oxidante y agente reductor (Paramio, 2024).

✓ **Difusión de partículas**

Fenómeno en el cual partículas como átomos, iones o moléculas se desplazan desde una región de alta concentración hacia una de baja concentración, impulsadas por un gradiente de concentración. Por ejemplo, al colocar un terrón de azúcar en el fondo de un vaso con agua, el azúcar se disuelve y se difunde gradualmente a través del líquido. Sin agitación, este proceso puede tardar semanas en alcanzar una solución homogénea (Paramio, 2024).

✓ **Ósmosis**

Proceso en el cual el solvente se desplaza desde una solución de menor concentración hacia otra de mayor concentración, separadas por una membrana semipermeable, manteniendo una temperatura constante. En un experimento clásico de ósmosis, se coloca un tubo vertical con una membrana semipermeable en su base dentro de un recipiente con agua, conteniendo una disolución de azúcar. A medida que el agua atraviesa la membrana hacia el tubo, el nivel de la disolución de azúcar aumenta visiblemente. Una membrana semipermeable adecuada para este experimento es la que se encuentra en el interior de los huevos, entre la clara y la cáscara. En este proceso, el agua se mueve en ambos sentidos a través de la membrana, pero en mayor cantidad hacia la disolución concentrada de azúcar, debido a la mayor concentración de agua en el recipiente con agua pura. El nivel del líquido en el tubo de la disolución de azúcar se eleva hasta que la presión hidrostática equilibra el flujo de moléculas de solvente en ambos sentidos a través de la membrana. Esta presión hidrostática se denomina presión osmótica. Diversos principios de la física y la química intervienen en el fenómeno de la ósmosis en animales y plantas (Paramio, 2024).

✓ **Capilaridad**

Fenómeno que implica el ascenso o descenso de un líquido en un tubo de diámetro reducido (tubo capilar) o en un medio poroso (como el suelo), debido a la acción de la tensión superficial del líquido sobre la superficie del sólido. Este fenómeno contraviene la ley hidrostática de los vasos comunicantes, que establece que una masa de líquido mantiene el mismo nivel en todos los puntos. El efecto es más pronunciado en tubos capilares, es decir, tubos de diámetro muy pequeño. La capilaridad depende de las fuerzas generadas por la tensión superficial y la adhesión del líquido a las paredes del tubo. Si las fuerzas de adhesión del líquido al sólido superan a las fuerzas de cohesión dentro del líquido, la superficie del líquido será cóncava y el líquido ascenderá por el tubo, superando el nivel hidrostático. Este efecto se observa, por ejemplo, con agua en tubos de vidrio limpios. Si las fuerzas de cohesión superan a las de adhesión, la superficie del líquido será convexa y el líquido descenderá por debajo del nivel hidrostático, como ocurre con agua en tubos de vidrio grasientos o con mercurio en tubos de vidrio limpios. La absorción de agua por una esponja y la ascensión de la cera fundida por el pabilo de una vela son ejemplos comunes de ascensión capilar. El agua asciende en el suelo en parte debido a la capilaridad, y algunos instrumentos de escritura, como la pluma estilográfica y el rotulador, se basan en este principio (Paramio, 2024).

ANÁLISIS DE AGUA

Procedimiento químico que implica la extracción de una muestra representativa del líquido para su análisis, pudiendo requerirse hasta 1,5 litros según la extensión del estudio. A partir de esta muestra, se evaluará la calidad del agua. De acuerdo con las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud, es suficiente identificar ciertos microorganismos perjudiciales para la higiene y sanidad humana, conocidos como indicadores bacterianos de contaminación. Es esencial elaborar un listado con el porcentaje de estas sustancias, ya que, al compararlas con los valores estandarizados establecidos en la normativa de calidad del agua, se podrá determinar el nivel de contaminación del H₂O (Cuadra, 2020).

TRATAMIENTOS:

✓ Tratamiento de agua con Ozono

Este método presenta una ventaja significativa debido al alto poder oxidante del ozono, lo que resulta en una desinfección mucho más eficaz en comparación con el cloro, permitiendo la eliminación de microorganismos, bacterias y virus que generalmente son resistentes al cloro. Además, este tratamiento es altamente efectivo para eliminar olores, compuestos orgánicos y sabores indeseados. Finalmente, destaca por su rapidez de acción en comparación con el tratamiento con cloro (Boss tech, 2024).

✓ Tratamiento de agua con Carbón Activado

Este método elimina los contaminantes responsables de los olores, mejorando así el sabor del agua. Con el avance de la tecnología, este proceso ha evolucionado desde sus inicios en la antigua civilización minoica de Creta hasta la actualidad, donde se utiliza un filtro para eliminar una amplia gama de contaminantes mediante un proceso denominado adsorción (Boss tech, 2024).

✓ Filtración de Lecho

En la implementación de sistemas de filtración con carbón activado, se presentan dos alternativas: la instalación de un filtro nuevo o la adaptación de un filtro multimedia ya existente (Boss tech, 2024).

✓ **La filtración con carbón activado**

La filtración con carbón activado granular puede emplearse de manera independiente o en combinación con otras tecnologías de desinfección y procesos adicionales para alcanzar la calidad de agua deseada. Por ejemplo, puede integrarse con ozono en un tratamiento denominado proceso biológico de carbón activado (Boss tech, 2024).

✓ **Filtración de Secundaria**

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, después de los procesos de filtración convencionales, se instala una unidad de carbón activado. Estos filtros eliminan tanto sustancias orgánicas como inorgánicas del agua, incluyendo metales pesados. Un ejemplo notable de este tratamiento es su uso en la remediación del agua en Hoosick Falls, Nueva York, tras la contaminación por compuestos perfluorados. Otro caso ocurrió en Florida, donde el agua estaba contaminada con dieldrin, un insecticida popular en las décadas de 1960 y 1970 (Boss tech, 2024).

PLANTAS DE TRATAMIENTO

Dada estas características, se han diseñado y construido plantas de tratamiento específicas, caracterizadas por:

- **Alta modularidad:** Permite adaptar la planta a los caudales de extracción específicos y a la gama de contaminantes detectados (Cortes).
- **Procesos de tratamiento calibrados:** Específicamente ajustados para esta aplicación (Cortes).
- **Automatización avanzada:** Permite el funcionamiento continuo de la planta (Cortes).
- **Sistemas automáticos de vigilancia y control:** Garantizan la supervisión precisa del proceso y el cumplimiento de los límites de aceptación del agua tratada (Cortes).

En su configuración más completa, la planta de tratamiento incluye:

- **Pretratamiento químico-físico:** Para la precipitación de metales y la separación de lodos sedimentados (Cortes).
- **Estación de filtración a presión:** Elimina sólidos en suspensión y realiza la oxidación catalítica de metales como hierro y manganeso (Cortes).
- **Eliminación de compuestos orgánicos volátiles** (Cortes).
- **Estación de filtración final:** Para el tratamiento del efluente antes de su descarga (Cortes).

CONTENIDO DE LA PLANTA:

- **Estación de dosificación:** Incluye tanques para reactivos (coagulantes y floculantes) y bombas dosificadoras (Cortes).
- **Estación de reacción y sedimentación:** Consiste en un tanque de reacción sectorial, con un sistema de tratamiento de efluentes gaseosos mediante cartuchos de carbón activado (Cortes).
- **Estación de filtración a presión primaria:** Con filtros de presión llenos de cuarcita y pirolusita (Cortes).
- **Estación de despojo:** Para la eliminación de compuestos orgánicos volátiles (Cortes).
- **Estación de filtración a presión final:** Con filtros de presión llenos de carbon activados, funcionando en paralelo (Cortes).
- **Almacenamiento intermedio:** Para el agua de retro lavado y el efluente de la deshidratación del lodo (Cortes).
- **Almacenamiento final:** Para el agua tratada, destinada a su reutilización en el retro lavado de las estaciones de filtración (Cortes).
- **Estación mecánica de deshidratación de lodos sedimentados:** Incluye una estación de acondicionamiento de lodos, un tanque de reserva, una prensa de filtro de placas y un contenedor basculante para los lodos deshidratados (Cortes).



Ilustración 1: Proceso de Tratamiento, fuente: (Cortes).

5.3. MARCO CONCEPTUAL

✓ Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se definen como las reservas hídricas localizadas debajo de la superficie terrestre, también denominadas acuíferos. Estas aguas son componentes esenciales del ciclo hidrológico, infiltrándose a través de la precipitación pluvial, el deshielo, y la percolación desde cuerpos de agua superficiales como lagunas y ríos, especialmente cuando la capa superficial del suelo está saturada (Valdivielso).

✓ ¿Dónde se encuentra el agua subterránea?

Las aguas subterráneas se localizan en formaciones geológicas porosas denominadas acuíferos, a través de las cuales el agua se desplaza y se interconecta con las aguas superficiales. La cantidad de agua presente en los acuíferos puede fluctuar en función de las condiciones meteorológicas, las tasas de extracción y las tasas de recarga. Por ejemplo, durante periodos de lluvias intensas, la tasa de recarga puede incrementarse. No obstante, en épocas de sequía, si se mantiene la tasa de extracción, el nivel de agua podría disminuir (Valdivielso).

¿Qué es agua subterránea?

El agua subterránea se localiza en las fisuras y porosidades del suelo, arena y rocas, almacenándose en acuíferos, que son formaciones de rocas y sedimentos permeables que contienen agua. Esta agua puede ser extraída mediante pozos, emerger naturalmente a través de manantiales o descargarse en lagos y arroyos. Aunque se encuentra bajo superficie, el agua subterránea contribuye a reponer y mantener los niveles de agua superficial en cuerpos como ríos, lagos y arroyos, facilitando el flujo continuo de estos (Prunes, 2022).

5.4. MARCO LEGAL:

5.4.1. CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA:

CAPITULO 5: DE LA FINALIDAD SOCIAL DEL ESTADO Y DE LOS SERVICIOS PUBLICOS

Artículo 366. El bienestar general y la mejora de la calidad de vida de la población constituyen finalidades sociales del estado. La actividad estatal se centrará en la resolución de las necesidades insatisfechas en la salud, educación, saneamiento ambiental y suministro de agua potable. Para estos fines, los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales priorizan el gasto publico social sobre cualquier otra asignación (Constitución Política de Colombia, 1991).

5.4.2. LEY 142 DE 1994: SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

Artículo 162.2. promover asistencia técnica e institucional a los organismos seccionales y locales para el adecuado cumplimiento de sus funciones y de las decisiones de la comisión de regulación de los servicios de agua potable y saneamiento (Ley 142 de 1994, 1994).

Artículo 162.7: Participar en la Comisión de Regulación de los Servicios de Saneamiento Básico. El ministro solo podrá delegar su representación en el viceministro de agua potable y saneamiento básico (Ley 142 de 1994, 1994).

Parágrafo: Las funciones de la Dirección de Agua Potable del ministro de Obras Públicas y Transporte, creadas mediante el Decreto 77 de 1987 y suprimidas a partir de la vigencia de esta ley, serán ejercidas por el viceministro de agua potable y saneamiento básico en lo que sean compatibles con la presente ley (Ley 142 de 1994, 1994).

Incorporación de costos especiales

Artículo 164: Para asegurar el adecuado manejo y protección de las cuencas y fuentes hídricas, las fórmulas tarifarias de los servicios de acueducto y alcantarillado incluirán componentes que cubran los costos asociados a la protección de las fuentes de agua, así como la recolección, transporte y tratamiento de los residuos líquidos. Asimismo, en el caso del servicio de aseo, las fórmulas considerarán, además de los aspectos definidos en el régimen tarifario establecido por la presente ley, los costos de disposición final de residuos y rellenos sanitarios. Las empresas del sector de agua potable y saneamiento básico deberán pagar las tasas correspondientes por el uso del agua y el vertimiento de efluentes líquidos, según lo determine la autoridad competente conforme a la ley. Cuando estas empresas generen energía de manera marginal para la operación de sus sistemas, dicha producción no estará sujeta al pago de ningún gravamen, tasa o contribución (Ley 142 de 1994, 1994).

Valoración para inversiones en agua potable y alcantarillado

Artículo 166: Los municipios tienen la facultad de desarrollar esquemas de financiación para inversiones en infraestructura de agua potable y alcantarillado, empleando el sistema de valorización de predios conforme a las disposiciones legales vigentes (Ley 142 de 1994, 1994).

5.4.3. Resolución 0330 - 2017 - Min vivienda

Se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), derogando las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009 (Resolución 0330 , 2017).

Parágrafo 1: En el caso de utilizar una fuente de agua subterránea, como parte del Paso 1 del presente artículo, se deberá realizar la medición de los siguientes parámetros: sodio, dióxido de carbono (CO₂), magnesio, manganeso, arsénico, selenio y boro. Los procedimientos y estudios de calidad del agua subterránea están incluidos en los trabajos hidrogeológicos especificados en el artículo 50 de la presente resolución. Además, como complemento del paso 2, se deberán obtener los mapas hidrogeológicos de la zona de ubicación de los pozos (Resolución 0330 , 2017).

Nivel freático: Se refiere al nivel del agua subterránea en un acuífero libre o no confinado, también conocido como tabla de agua. Este nivel corresponde a la superficie de la zona saturada, la cual se encuentra a presión atmosférica (Resolución 0330 , 2017).

Parágrafo 2: El prestador del servicio público de acueducto debe establecer la periodicidad y las acciones necesarias para verificar el correcto funcionamiento de los micromedidores de agua potable o cruda, considerando las particularidades de su sistema y basándose en su sistema de gestión de calidad e indicaciones operativos (Resolución 0330 , 2017).

Parágrafo 3: El prestador del servicio de agua potable debe ajustar o calibrar todos los tipos de micromedidores de volumen de agua consumido con un diámetro igual o menor a 100 mm (4”), en un banco de calibración fijo ubicado en un laboratorio acreditado bajo la Norma ISO/IEC 17025 por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) o por un organismo de acreditación firmante del acuerdo multilateral de ILAC. Los micromedidores con diámetros superiores deben ser calibrados en el lugar de operación “in situ”, siguiendo las recomendaciones del fabricante, por un laboratorio acreditado para tal fin por el ONAC. La reposición, cambio o reparación del medidor solo será posible por decisión del prestador, siempre que cumpla con lo estipulado en la Resolución 457 de 2008 o en la normativa que la adicione, modifique o sustituya. Los intervalos de verificación o calibración del equipo de medición deben ajustarse a las especificaciones técnicas del medidor o las recomendaciones del fabricante (Resolución 0330 , 2017).

Parágrafo 4°. Para la captación de agua cruda se aceptan como micromedidores: vertederos de placa fina, canaletas Parshall, canaletas Venturi y caudalímetros electromagnéticos. Para la medición de volúmenes de agua potable consumidos o distribuidos se aceptan como micromedidores: caudalímetros electromagnéticos, caudalímetros ultrasónicos, placas de orificio, sistemas venturi y macro medidores tipo Woltmann cuando se tienen diámetros inferiores a 150 mm (6") (Ministerio de Vivienda, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021)

5.4.4. MINISTERIO DE LA Protección SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Resolución NÚMERO 2115 22 JUN 2007:

TRABAJADORES CERTIFICADOS: La persona pres adora deberá contar en [a planta tratamiento con trabajadores conformidad con las resoluciones NOs. 1076 de 2003 y 1570 de 2004 del MAVDT o las sustituyan, que hacen referencia al Plan Nacional para el sector de Agua Potable, Saneamiento Básica certificación de las competencias laborales que las modifiquen, adicionen o capacitación y Asistencia Técnica y Ambiental y sobre el plan (Resolución 2115, 2007).

5.4.5. Decreto 1575 de 2007:

Agua envasada: Se refiere al agua potable que ha sido tratada, envasada y comercializada para el consumo humano, considerada un producto de la industria alimentaria (Decreto 1575, 2007).

Agua potable o agua para consumo humano: Es aquella que, al cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas en el presente decreto y demás normativas aplicables, es apta para el consumo humano. Se utiliza para saber directamente, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (Decreto 1575, 2007).

Artículo 366. El bienestar general y la mejora de la calidad de vida de la población constituyen finalidades sociales del Estado. La actividad estatal se centrará en la resolución de las necesidades insatisfechas en salud, educación, saneamiento ambiental y suministro de agua potable. Para estos fines, los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales priorizarán el gasto público social sobre cualquier otra asignación (Decreto 1575, 2007).

5.4.6. RESOLUCIÓN NÚMERO 172 DE 2022

Ministerio de salud y protección social

- ✓ De acuerdo con los numerales 1, 5 y 6 del artículo 7 del Decreto 1575 de 2007, el Instituto Nacional de Salud (INS) coordinará la Red Nacional de Laboratorios para el Control y Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Además, proporcionará orientaciones y directrices a los laboratorios públicos y privados para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos, así como para la coordinación del Programa Inter laboratorio de Control de Calidad de Agua Potable (PICCAP) (Resolucion 229, 2024).
- ✓ Artículo 1. Autorizar a los laboratorios enumerados en la siguiente tabla para realizar análisis físicos (F), químicos (Q) y microbiológicos (MB) del agua destinada al consumo humano. El análisis autorizado para cada laboratorio se indica con una "X" en la columna correspondiente (Resolucion 229, 2024).

5.5. MARCO GEOGRAFICO:

En el transcurso de esta investigación, se ha llevado a cabo un estudio en la zona rural del municipio de Flandes – Tolima, específicamente en un sector donde se ubica una escuela con acceso limitado a recursos hídricos.

5.5.1. COLOMBIA:

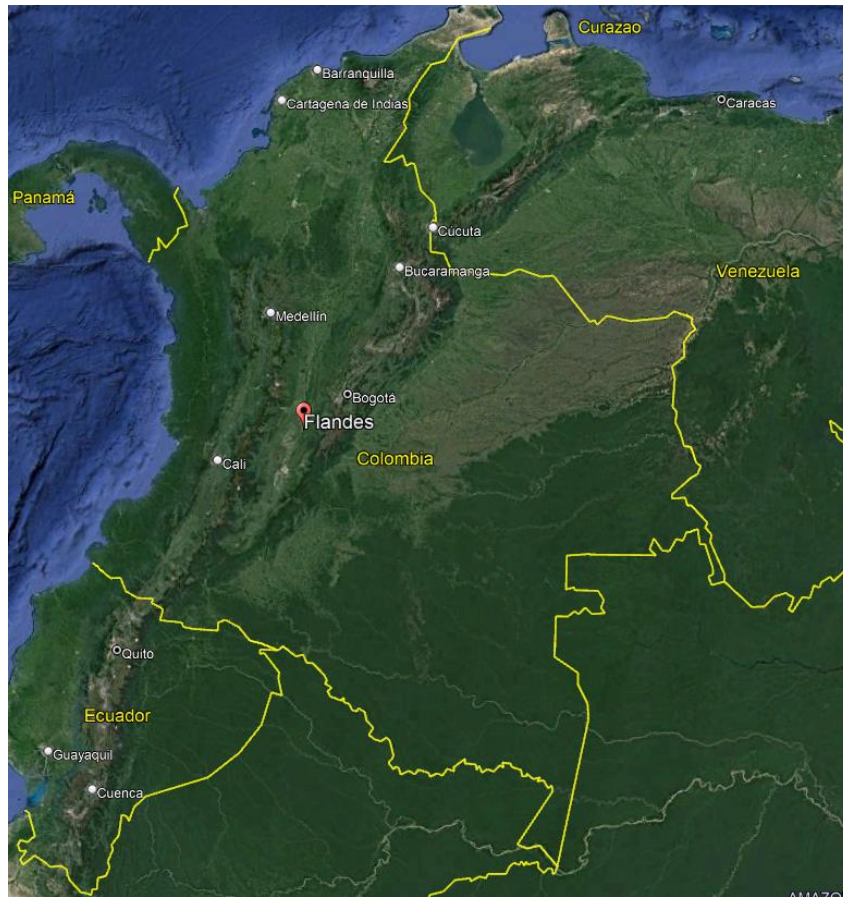


Ilustración 2: COLOMBIA

5.5.2. MUNICIPIO FLANDES TOLIMA:

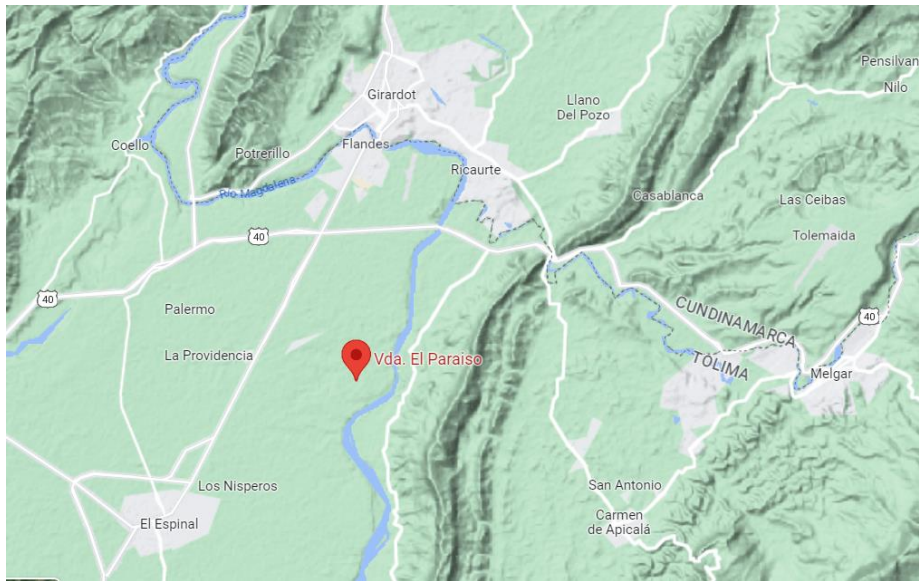


Ilustración 3: MUNICIPIO FLANDES TOLIMA

5.5.3. VEREDA EL PARAISO:

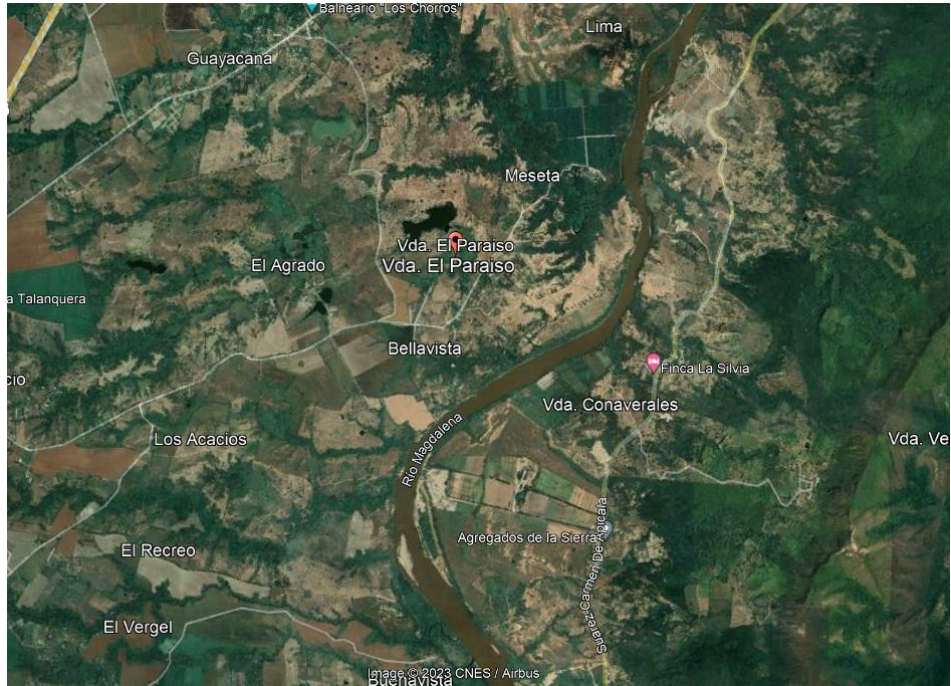


Ilustración 4: vereda el paraíso

GEOLOGIA DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

El departamento del Tolima, situado en la región Andina de Colombia, presenta una geología diversa que abarca desde rocas precámbricas hasta sedimentos recientes. A continuación, se presenta una descripción general de la geología del departamento del Tolima:

1. Formaciones geológicas:

- ✓ **Complejo metamórfico del Tolima:** Esta unidad geológica comprende una serie de rocas metamórficas que datan principalmente del Precámbrico y el Paleozoico. Incluye gneises, esquistos, migmatitas y rocas ígneas intrusivas como granitos y dioritas.
- ✓ **Formación Honda:** Se compone de sedimentos marinos y continentales depositados durante el Cretácico y el Paleoceno. Contiene areniscas, lutitas y conglomerados que se originaron en ambientes fluviales, lacustres y deltaicos.
- ✓ **Formación Barzalosa:** Esta unidad geológica está compuesta por rocas volcánicas y sedimentarias del Paleoceno, incluyendo lavas basálticas, tobas, conglomerados y arcillas.

2. Estructuras geológicas:

- ✓ **Falla de Ibagué:** Esta falla tectónica, que atraviesa el departamento de norte a sur, marca el límite entre el Complejo metamórfico del Tolima y las unidades geológicas más jóvenes hacia el este. Es una estructura importante en la región en términos de deformación tectónica y actividad sísmica.
- ✓ **Anticlinales y sinclinales:** En la Cordillera Central, se encuentran numerosas estructuras plegadas producto de la orogenia andina, incluyendo anticlinales y sinclinales que muestran la compresión tectónica ocurrida durante la historia geológica de la región.

3. Recursos naturales:

- ✓ **Recursos minerales:** El Tolima cuenta con una variedad de recursos minerales, incluyendo oro, plata, cobre, zinc, hierro y materiales de construcción como arcillas y

calizas. La minería ha sido una actividad económica significativa en la región, aunque también ha provocado conflictos socioambientales (Tello, 2001).

- ✓ **Recursos hídricos:** El departamento cuenta con numerosos ríos, como el Magdalena, el Coello y el Combeima, que son importantes fuentes de agua para el abastecimiento, la agricultura y la generación de energía hidroeléctrica (Tello, 2001).
- ✓ **Recursos geotérmicos:** Se han identificado áreas con potencial geotérmico en el Tolima, especialmente en zonas volcánicas activas como el volcán Nevado del Ruiz. Estos recursos podrían ser aprovechados para la generación de energía eléctrica (Tello, 2001).

MAPA DE GEOLOGIA DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA:

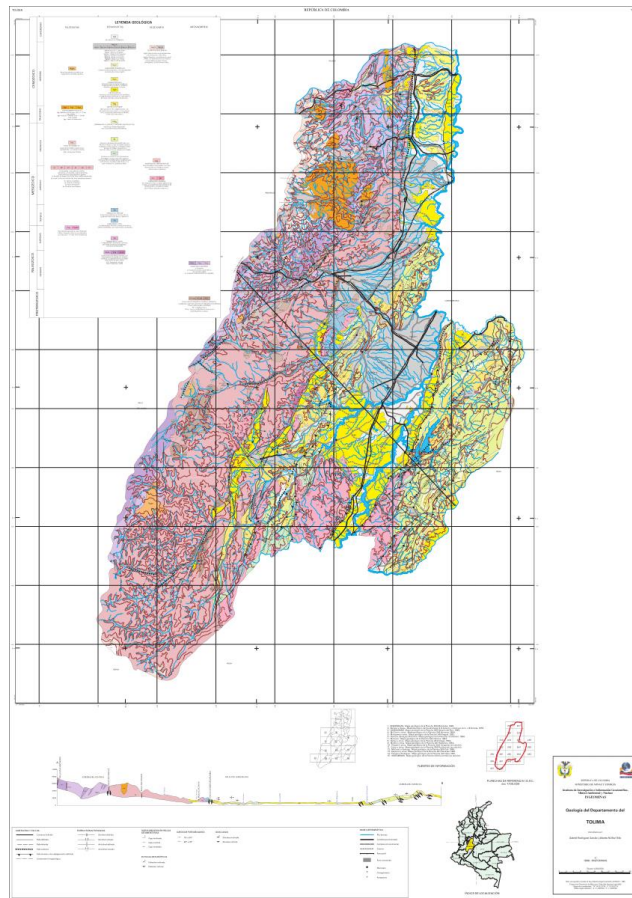


Ilustración 5: MAPA GEOLOGICO DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

GEOLOGIA DEL MUNICIPIO DE FLANDES

El municipio de Flandes, ubicado en el departamento del Tolima, Colombia, presenta una geología que refleja su posición en la Cordillera Central de los Andes. A continuación, se presenta una descripción detallada de la geología del municipio de Flandes:

1. Formaciones geológicas:

- ✓ **Complejo metamórfico del Tolima:** Gran parte del territorio de Flandes está compuesto por rocas del Complejo metamórfico del Tolima, que incluyen gneises, esquistos y rocas ígneas intrusivas. Estas rocas se formaron durante el Precámbrico y el Paleozoico debido a procesos metamórficos y magmáticos asociados con la actividad tectónica de la Cordillera Central (Bustos, 2012).
- ✓ **Formación Honda:** En áreas del municipio donde hay presencia de sedimentos más jóvenes, como en los valles y terrazas aluviales, se pueden encontrar sedimentos de la Formación Honda, que consisten en areniscas, arcillas y conglomerados depositados durante el Cretácico y el Paleoceno en ambientes fluviales, lacustres y deltaicos (Bustos, 2012).
- ✓ **Depósitos aluviales y coluviales:** En las áreas bajas y planas del municipio, como los valles de los ríos, se encuentran depósitos aluviales y coluviales formados por sedimentos recientes, como arenas, limos y gravas, que son el resultado de la erosión y deposición por acción del agua y la gravedad (Bustos, 2012).

2. Estructuras geológicas:

- ✓ **Falla de Ibagué:** la falla de Ibagué, que se extiende de norte a sur a través del departamento del Tolima, también impacta al municipio de Flandes. Esta falla es una estructura tectónica significativa que ha influido en la geomorfología y en la distribución de los recursos naturales de la región (Bustos, 2012).

3. Recursos naturales:

- ✓ **Recursos minerales:** El municipio de Flandes presenta un considerable potencial para la explotación de recursos minerales como oro, plata, cobre y materiales de construcción. No obstante, es imperativo que la actividad minera se gestione de

manera responsable para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente y las comunidades locales (Bustos, 2012).

- ✓ **Recursos hídricos:** El municipio de Flandes dispone de una red hidrográfica significativa, que incluye los ríos Saldaña, Luisa y Gualanday. Estos cuerpos de agua son esenciales para el suministro de agua, la agricultura y la generación de energía hidroeléctrica en la región (Bustos, 2012).

El marco geográfico del estudio de caracterización de aguas subterráneas en la Institución Educativa María Inmaculada, ubicada en la vereda El Paraíso del municipio de Flandes, Tolima, abarca una zona rural del departamento del Tolima, en la región central de Colombia. La vereda El Paraíso se sitúa en una zona montañosa, caracterizada por una topografía variada y una vegetación predominante de bosques y cultivos agrícolas.

El municipio de Flandes se encuentra en la región conocida como el Valle del Magdalena, en el piedemonte de la Cordillera Central de los Andes. Esta ubicación geográfica influye en el régimen hidrológico de la zona, con una combinación de precipitaciones estacionales, escurrimiento superficial y recarga de acuíferos subterráneos (Gobernacion del Tolima, 2024).

La Institución Educativa María Inmaculada está situada en el centro de la vereda El Paraíso, actuando como punto focal de la comunidad local y como sitio de interés para el estudio de la calidad del agua subterránea. La proximidad de la institución educativa a fuentes potenciales de contaminación, como actividades agrícolas y urbanas, la convierte en un lugar relevante para la evaluación de la calidad del agua y la identificación de posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

5.6. MARCO DEMOGRAFICO:

5.6.1. Municipio de estudio y zona veredal:

La investigación se centra en el análisis e identificación de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas subterráneas en el área de estudio del municipio de Flandes - Tolima en la vereda “El Paraíso”, con una población vulnerable aproximadamente 165 habitantes.

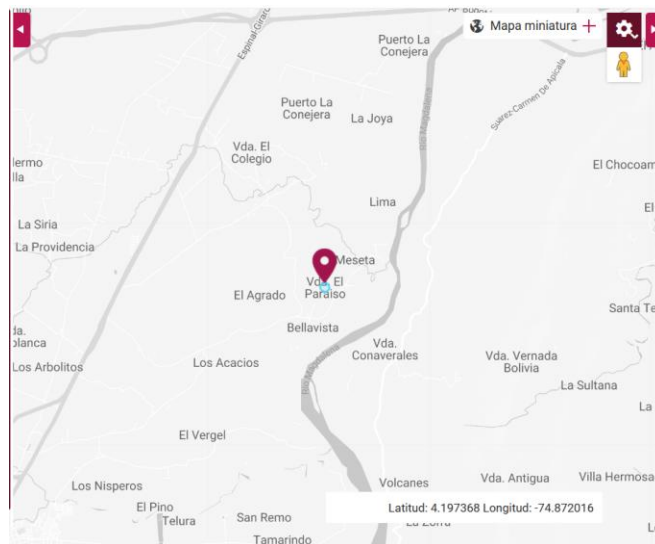


Ilustración 6: ubicación de la vereda "El paraíso"

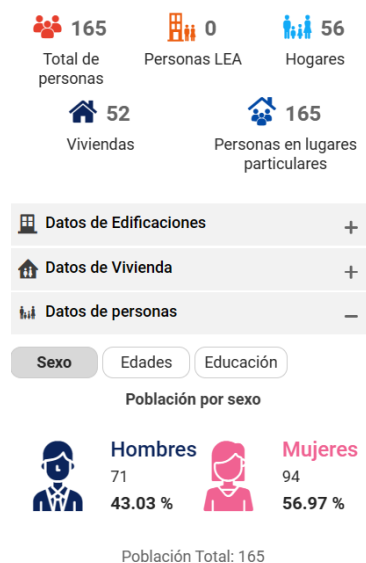


Ilustración 7: censo nacional de población y vivienda 2018

5.7. INSTITUCIONAL:

En la actualidad no se encontraron documentos que nos oriente a cerca de la historia. La actual docente entrevista a los señores ISAIAS JARA (presidente de la Junta) y el señor CARLOS JULIO REYES VARGAS (Aseador de la sede); quienes narraron, que la sede se encuentra fundada desde hace más de 90 años, los terrenos fueron donados por la señora AVELAIDA SANCHEZ de VEGA junto con su esposo SIPRIANO VEGA, cuyas personas eran dueños de la mayoría de los terrenos de la vereda Paraíso, además tenían bastante dinero, según comentan los señores nombrados. Esto terrenos fueron entregados a la comunidad y al señor GREGORIO REYES que en ese entonces era el presidente de la junta, entre estos levantaron el aula de clase en material de bareque, la comunidad se esforzó mucho para la construcción de un salón de clases. A través de los años la institución ha tenido muchas mejoras para bienestar de la comunidad.

Según documentos oficiales, en el año 2002 la escuela se fusiono con la Institución Educativa Mixta María Inmaculada, y en 2008 paso a formar parte de la Institución María Inmaculada, sede número 04. Actualmente, cuenta con una matricula de 10 niños, desde preescolar hasta quinto de primaria (Inmaculada, 2023).



Ilustración 8: escuela maría inmaculada

6. DELIMITACION

La delimitación espacial y temporal de este estudio se enfoca específicamente en la Institución Educativa María Inmaculada y sus alrededores inmediatos, situados en la vereda El Paraíso del municipio de Flandes - Tolima. Esta área geográfica será el principal objeto de la investigación debido a su importancia para la comunidad local y su potencial vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.

En cuanto a la delimitación temporal, el estudio abarcará un lapso específico que incluirá la acumulación de datos y la realización de análisis. Se estima que la duración total del estudio será de aproximadamente seis meses, durante este tiempo se llevarán a cabo actividades de muestreo, análisis de laboratorio y evaluación de resultados.

Es importante destacar que la investigación se concentrará en el estudio de la calidad del agua subterránea en el presente, sin abordar cambios históricos o futuros en la disponibilidad o contaminación del recurso hídrico. Además, la delimitación temporal también incluirá las restricciones de tiempo asociadas con los recursos disponibles para llevar a cabo el estudio, así como los plazos establecidos por la institución educativa y otros actores involucrados en la investigación.

7. DISEÑO METODOLOGICO

7.1. Tipo de investigación:

Se implementará un tipo de investigación descriptiva y aplicada

Descriptiva: porque se va a verificar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de este recurso hídrico. Del área de estudio, que en este caso es la variedad paraíso que cuenta con un abanico de Flandes, Guamo y el espinal.

Los estudios descriptivos tienen la responsabilidad de identificar y señalar las características de la población que se están investigando. En otras palabras, el propósito es explicar la naturaleza del segmento de estadísticas de población sin centrarse en las razones de un fenómeno específico. En otras palabras, el problema de la investigación explica por qué "por qué" ocurre sin cubrir "por qué". Por ejemplo, una marca de ropa que quiere comprender las tendencias de las compras de la moda entre los compradores peruanos realiza la encuesta estadística de población regional, recopila datos de población y realiza una descripción de este segmento de estadísticas de población (Muguira, 2023).

Aplicativa: Donde se va a aplicar los conocimientos relacionados para verificar la tecnología de tratamiento del recurso hídrico.

Cada proyecto de investigación comienza con una definición clara del propósito del estudio, que ayuda a determinar el procedimiento o el enfoque de investigación. En este sentido, el investigador puede realizar un estudio aplicado. Este estudio se centra en la respuesta a problemas específicos para resolver un problema específico. Intente determinar la solución de un problema cultural u organizacional y generalmente es un plan de investigación después de la investigación básica o pura (Ortega, 2023).

7.2. técnicas de recolección de información:

- ✓ Recorrido de la zona de estudio
- ✓ ensayos de laboratorio
- ✓ exploración de datos virtuales

7.3. Fases de procedimiento:

Durante el desenlace de la investigación se llevará a cabo mediante un proceso metodológico, de los cuales los experimentos se realizarán utilizando métodos cuantitativos y cualitativos, en el que se tendrán en cuenta procedimientos y fases de aprendizaje tales como:

✓ FASE 1. extracción de muestras de agua en el punto seleccionado:

1. Se debe tener en cuenta implementos de bioseguridad.
2. Utilizar un envase que esta esterilizado para poder mantener la temperatura.
3. Minimizar el tiempo de contacto entre la muestra y el tomador de la muestra.
4. Usar materiales tales que no se produzca ninguna contaminación de la muestra.
5. Ser de diseño sencillo para garantizar la limpieza fácil, con superficies suaves y sin perturbaciones del flujo, tales como curvaturas, y con tan pocas tapas y válvulas como sea posible (todos los tomadores de muestras se deben verificar para garantizar que no se introduzca desvío).
6. Diseñarse después de analizar que el sistema sea adecuado en relación con la muestra de agua requerida (es decir, química, biológica o microbiológica) (NORMA TECNICA COLOMBIANA , 1995).

✓ FASE 2. Comparación de según la resolución 2115 / 2007:

Cuadro N°. 1 Características Físicas		
Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable ó no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Antimonio	Sb	0,02
Arsénico	As	0,01
Bario	Ba	0,7
Cadmio	Cd	0,003
Cianuro libre y disociable	CN ⁻	0,05
Cobre	Cu	1,0
Cromo total	Cr	0,05
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,02
Plomo	Pb	0,01
Selenio	Se	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0,01

Coliformes Totales	Escherichia coli
0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Ilustración 9: tablas de resolución 2115

✓ FASE 3. Identificación de la tecnología de tratamiento

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	Aeración	Coagulación + Flocculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodialisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER													
Características físicas													
Color aparente		X	X		X	X	X	X	X			X	X
Olor y sabor	X				X							X	
Turbiedad		X	X			X	X						X
Sólidos disueltos totales		X	X			X	X		X	X	X		X
Características químicas inorgánicas													
Antimonio									X	X			
Arsénico		X	X	X					X	X	X	X	X
Bario				X					X	X	X		
Cadmio		X	X	X					X	X	X		X

TABLA 1: tecnología de tratamiento

Cianuro libre y disociable					X								
Cloruros							X		X	X			
Cobre		X		X					X		X		
Cromo		X	X	X					X	X	X		X
Dureza				X				X	X	X	X		
Fluoruros				X					X	X		X	
Fosfatos			X						X			X	X
Hierro	X	X	X	X	X						X		X
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Mercurio				X					X	X			
Molibdeno												X	
Níquel				X					X	X	X		
Nitratos									X	X	X		
Nitritos									X	X	X		
Plomo		X							X		X		
Selenio		X							X	X	X	X	
Sulfatos								X	X	X			
Trihalometanos Totales	X				X			X			X	X	
Zinc				X					X	X	X		
Características químicas orgánicas													
Carbono Orgánico Total		X				X	X	X	X			X	
Pesticidas/Herbicidas								X	X			X	
Orgánicos sintéticos									X			X	
Orgánicos volátiles	X											X	
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X
Giardia y Cryptosporidium						X	X						X

TABLA 2: tecnología de tratamiento

ARTÍCULO 101. Requisitos para la selección de tecnologías y procesos unitarios de tratamiento: Para seleccionar la alternativa de tratamiento óptima, deben considerarse diversos factores, incluyendo aspectos técnicos, económicos, financieros, institucionales, sociales, ambientales, de riesgo sanitario y costos de inversión, operación y mantenimiento. Estos últimos deben desglosarse al menos en insumos químicos, personal, energía e impacto sobre la tarifa. La alternativa más favorable deberá seleccionarse utilizando matrices de selección multicriterio (resolucion 0799 , 2021).

El estudio técnico de selección debe incluir la siguiente información:

1. **Inspección de campo:** Evaluación de las actividades aguas arriba de la captación en fuentes superficiales y, para aguas subterráneas, en las zonas de recarga de acuíferos y pozos dentro del área de influencia (resolución 0799 , 2021).
2. **Análisis del agua cruda:** Evaluación exhaustiva de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua cruda para determinar la tecnología más adecuada, cumpliendo con los valores máximos aceptables establecidos en la Resolución 2115 de 2007, o sus modificaciones. La selección de la tecnología debe considerar el nivel de desarrollo y la capacidad técnico-administrativa del proveedor del servicio (resolución 0799 , 2021).
3. **Criterios de diseño:** Análisis de los criterios y parámetros de diseño adoptados para establecer alternativas técnicas de procesos de tratamiento y su eficiencia (resolución 0799 , 2021).
4. **Disponibilidad de recursos:** Evaluación de la disponibilidad de recursos y materiales en la región, en términos de cantidad, calidad y oportunidad (resolución 0799 , 2021).
5. **Adaptación a condiciones locales:** Propuestas que se adapten a las condiciones locales, garantizando soluciones con mínimo uso de energía eléctrica y/o combustibles, y que no presenten complejidad en su operación y mantenimiento (resolución 0799 , 2021).
6. **Esquemas de tratamiento:** Diseño y modulación de las unidades del sistema de tratamiento, verificando la operación del sistema con una unidad fuera de servicio cuando se disponga de múltiples unidades (resolución 0799 , 2021).

7. **Presupuesto por etapas:** Presupuesto detallado por etapas, incluyendo costos de obra civil, suministros, costos ambientales, inversión, operación y mantenimiento, así como la evaluación financiera y económica del proyecto (resolucion 0799 , 2021).
8. **Análisis de vulnerabilidad:** Evaluación de la vulnerabilidad del sistema de tratamiento de la PTAP ante variaciones extremas de calidad del agua cruda, caudal a tratar, interrupciones en el suministro de energía, salida de servicio de unidades de tratamiento, y fallas en los sistemas de comunicaciones, automatización y control (Resolución 0799, 2021).

7. RECURSOS

MATERIAL:

Para la caracterización de aguas subterráneas se llevará a cabo en la institución Educativa María Inmaculada de la vereda “El Paraíso”

1. Equipamiento de muestreo:

- ✓ Botellas estériles para recolección de muestras de agua.
- ✓ Dispositivos para la extracción de muestras de esta fuente hídrica, como bombas de extracción.

2. Material de campo:

- ✓ GPS o dispositivos de geolocalización para registrar coordenadas de los puntos de muestreo.
- ✓ Libretas de campo y lápices para registrar datos de muestreo y observaciones.
- ✓ Etiquetas y marcadores para identificación de las muestras recolectadas.

3. Equipo de protección personal (EPP):

- ✓ Guantes desechables.
- ✓ Gafas de seguridad.
- ✓ Mascarillas faciales, en caso de manejo de sustancias químicas peligrosas.

4. Transporte:

- ✓ Vehículo adecuado para transporte del equipo y personal al sitio de muestreo.
- ✓ Contenedores para transporte seguro de las muestras de agua.

5. Infraestructura:

- ✓ Acceso a laboratorio con condiciones adecuadas para realizar análisis de muestras.
- ✓ Espacio de almacenamiento seguro para el equipo y materiales.

HUMANO:

- ✓ Paula Lorena Garay Yepes estudiante de la facultad de ingeniería de la universidad piloto, la cual ha aportado conocimiento durante el periodo académico.
- ✓ ING. Jesús Flaminio Ospitia guía y tutor del proyecto de la facultad de ingeniería, en la universidad piloto, quien puso toda su disposición para brindar una buena asesoría y conocimiento sobre el tema.
- ✓ Laboratorio ACUAGYR S.A, los cuales se encargaron del análisis de las muestras del agua cruda del municipio de Flandes - Tolima

8. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la investigación de caracterización de aguas subterráneas en la escuela María Inmaculada en la vereda El Paraíso seguirá una serie de pasos y actividades clave, que incluirán:

- ✓ **FASE 1. extracción de muestras de agua en el punto seleccionado:**



Ilustración 10: toma de muestra

fuentes propia

✓ muestra de laboratorio:



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2023 - 1396

Girardot - Mayo 15 de 2023

DATOS DEL CLIENTE			
MUNICIPIO	FLANDÉS-TOLIMA	NET	1192813235
ENTIDAD	PAULA LORENA GARAY YEPES		
DIRECCIÓN	CALLE 19A # 21-38 B/ LAS QUINTAS HOTEL CASA BLANCA	TEL	3208000971
DIRIGIDO A	PAULA LORENA GARAY YEPES	CARGO	Estudiante

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA	AGUA CRUDA	FUENTE	Tanque
LUGAR DE MUESTREO	Escuela Maria Inmaculada Flandes Tolima	HORA	11:09 AM
FECHA DE MUESTREO	Mayo 10 de 2023	CARGO	Estudiante
MUESTREO POR	Paula Lorena Garay	HORA	5:45 p. m.
FECHA RECEPCIÓN LAB	Mayo 10 de 2023		
FECHA DE REPORTE	Mayo 15 de 2023		

RESULTADOS FISICOQUIMICOS					
CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA	METODO ANALITICO	FECHA DE ANALISIS	VALOR REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
p.H.	Electrométrico	10-05-2023	6.5 a 9.0	UNIDADES	7.2
COLOR	Espectrofotométrico	10-05-2023	Menor o igual = a 15	UPC	2
TURBIDEAD	Nefelométrico	10-05-2023	Menor o igual = a 2	NTU	0.3
CLORUROS	Titulométrico	10-05-2023	Hasta 250	mg/ L. Cl	3
SULFATOS	Turbidimétrico	10-05-2023	Hasta 250	mg/ L. SO4	26
FOSFATOS	Colormétrico	10-05-2023	Hasta 0.50	mg/ L. PO4	0.91
NITRATOS	Colormétrico	10-05-2023	Hasta 10	mg/ L. NO2	1
NITRETO	Colormétrico	10-05-2023	Hasta 0.1	mg/ L. NO2	0.004
HIERRÓ TOTAL	Colormétrico	10-05-2023	Hasta 0.3	mg/ L. Fe	0.02
ALCALINIDAD TOTAL	Titulométrico	10-05-2023	Hasta 200	mg/ L. CaCO3	190
DUREZA TOTAL	Titulométrico	10-05-2023	Hasta 300	mg/ L. CaCO3	100
MANGANESO	Colormétrico	10-05-2023	Hasta 0.5	mg / L. Mn	0.02
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico	10-05-2023	Hasta 300	mg/ L. µS/cm	266

RESULTADOS BACTERIOLOGICO				
BACTERIOLOGICO	FECHA DE ANALISIS	VALORES DE REFERENCIA RESOLUCION 2115 / 2007	UNIDADES	RESULTADOS
COLIFORMES TOTALES	10-05-2023	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	214000 U.F.C / 100 ml
ESCHERICHIA COLI	10-05-2023	0 U.F.C / 100 ml	U.F.C / 100ml	760 U.F.C / 100 ml

* UFC = Unidades Formadoras de Colonias.
Valores de referencia para agua potable.



CARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacterióloga
Reg: 63330875



EDILBERTO BARRAGAN
Bioquímico
Reg: 073383

LABORATORIO AUTORIZADO SEGÚN RESOLUCIÓN 172 / 2022 Y PARTICIPANTES DEL PROGRAMA PICCAP
/--- FIN DEL REPORTE ---/

📍 CII 21 No. 12 - 26 B/ Sucre * Girardot

☎ 313 210 0359 - 835 2223

✉ contacto@aguaslab.co

Ilustración 11: resultados de laboratorio, fuente: AGUASLAB

CARACTERISRTICAS	VALOR DE REFERENCIA 2215/2007	RESULTADOS	CUMPLE/NO CUMPLE
PH	6.5 A 9.0	7.2	CUMPLE
COLOR	Menor o igual a 15	2	CUMPLE
TURBIEDAD	Menor o igual a 2	0.3	CUMPLE
CLORUROS	Hasta 250	3	CUMPLE
SULFATOS	Hasta 250	26	CUMPLE
FOSFATOS	Hasta 0.50	0.91	NO CUMPLE
NITRATOS	Hasta 10	1	CUMPLE
NITRITOS	Hasta 0.1	0.004	CUMPLE
HIERRO TOTAL	Hasta 0.3	0.02	CUMPLE
ALCALINIDAD TOTAL	Hasta 200	190	CUMPLE
DUREZA TOTAL	Hasta 300	100	CUMPLE
MANGANESO	Hasta 0.5	0.02	CUMPLE
CONDUCTIVIDAD	Hasta 0.5	0.02	CUMPLE
COLIFORMES TOTALES	O.U.F.C / 100 ml	214000 U.F.C. / 100 ml	NO CUMPLE
ESCHERICHIA COLI	O.U.F.C / 100 ml	780 U.F.C / 100 ml	NO CUMPLE

- **FASE 2. Comparación de según IRCA:**

✓ **pH: El rango permitido según la Resolución 2115 es de 6.0 a 9.0.**

resultado de pH de 7.2 está dentro de este rango, por lo que cumple con los estándares.

✓ **Color: El estándar máximo permitido es de 15 U.C.**

El resultado de 2 U.C. cumple con este estándar.

✓ **Turbiedad: El estándar máximo permitido es de 5 NTU.**

El resultado de 0.3 NTU cumple con este estándar.

✓ **Cloruros: El límite máximo permitido es de 250 mg/L.**

El resultado de 3 mg/L está muy por debajo de este límite.

✓ **Sulfatos: El límite máximo permitido es de 250 mg/L.**

El resultado de 26 mg/L está muy por debajo de este límite.

✓ **Fosfatos: El límite máximo permitido es de 0.50 mg/L.**

El resultado de 0.91 mg/L excede cumple con este estándar.

✓ **Nitratos: El límite máximo permitido es de 45 mg/L.**

El resultado de 1 mg/L cumple con este estándar.

- ✓ **Nitritos:** El límite máximo permitido es de 3 mg/L.

El resultado de 0.004 mg/L cumple con este estándar.

- ✓ **Hierro Total:** El límite máximo permitido es de 0.3 mg/L.

El resultado de 0.02 mg/L cumple con este estándar.

- ✓ **Alcalinidad Total:** alcalinidad en agua potable suelen estar en el rango de 50-300 mg/L como carbonato de calcio (CaCO_3). Con un valor de 190 (presumiblemente en mg/L como CaCO_3).

El resultado está dentro de este rango y se consideraría aceptable para la mayoría de este recurso hídrico.

- ✓ **Dureza Total:** la dureza del agua potable se considera aceptable hasta ciertos niveles, generalmente alrededor de 100-500 mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3), dependiendo de la fuente de agua y las preferencias locales. Con un valor de 100 (presumiblemente en mg/L como CaCO_3)

El resultado está dentro de este rango y se consideraría aceptable para agua potable.

- ✓ **Manganeso:** El límite máximo permitido es de 0.1 mg/L.

El resultado de 0.02 mg/L cumple con este estándar.

- ✓ **Conductividad:**

La conductividad eléctrica del agua es un indicador de su capacidad para transmitir corriente eléctrica. Los valores aceptables de conductividad pueden variar según la región y las características específicas del agua. Para el agua potable, los valores típicos

de conductividad se encuentran en el rango de 50 a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microsiemens por centímetro).

Donde dio un valor de 266 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tu resultado está dentro de este rango y se consideraría aceptable para agua potable.

✓ **Coliformes Totales: El límite máximo permitido es de 1000 U.F.C / 100 ml.**

el resultado de 21400 U.F.C / 100 ml excede este límite.

✓ **Escherichia coli: El límite máximo permitido es de 0 U.F.C / 100 ml.**

El resultado de 760 U.F.C / 100 ml excede este límite.

- **FASE 3. Identificación de la tecnología de tratamiento según la resolución 799 del 2021.**

La mayoría de los parámetros cumplen con los estándares establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Sin embargo, los niveles de coliformes totales y *Escherichia coli* superan los límites permitidos para agua potable. Es crucial implementar medidas correctivas para asegurar la seguridad del agua destinada al consumo humano.

TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO	Aeración	Coagulación+ floculación + sedimentación	Filtración convencional	Ablandamiento	Oxidación química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Osmosis inversa	Electrodialisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por absorción	Filtración optimizada
Fosfatos			X						X			X	X
Coliformes Totales						X	X						X
<i>Escherichia coli</i>			X			X	X						X

✓ **Fosfatos:**

Filtración convencional, filtración por absorción, filtración optimizada.

✓ **Coliformes Totales:**

Convencional, microfiltración, ultrafiltración y filtración optimizada.

✓ ***Escherichia coli*:**

Microfiltración, ultrafiltración y filtración optimizada.

✓ **Contaminación microbiológica:**

La desinfección es crucial para eliminar microorganismos patógenos. La cloración, cloraminación o desinfección por UV son opciones comunes. Debido a la elevada concentración de Coliformes Totales y Escherichia Coli detectada en los análisis de laboratorio, podría ser necesaria una combinación de desinfección y tratamiento de aguas residuales para abordar adecuadamente esta contaminación.

✓ **Contaminantes inorgánicos (cloruros, sulfatos, fosfatos, nitratos, nitritos, hierro total, manganeso):**

La presencia de estos contaminantes puede requerir tecnologías específicas, como intercambio iónico para la eliminación de iones específicos, ósmosis inversa para la eliminación de sales, y tratamientos de oxidación y filtración para metales como hierro y manganeso.

✓ **TECNOLOGIA DE PLANTA DE TRATAMIENTO:**

La tecnología mas adecuada para el análisis de caracterización de la zona de estudio es la Filtración Optimizada, ya que está diseñada para abordar los componentes que exceden los resultados establecidos, específicamente las características químicas y microbiológicas

8. CONCLUSIONES

Las conclusiones derivadas del estudio de caracterización de aguas subterráneas en la Institución Educativa María Inmaculada, ubicada en la vereda El paraíso, son cruciales para evaluar la calidad del recurso hídrico en esta zona rural y para identificar posibles riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

- **Realización de toma de muestra y ensayos de laboratorio de las características físicas, químicas y microbiológicas:**

Se realizaron muestreos mas detallados y ensayos de laboratorio para evaluar las características físicas, químicas y microbiológicas del agua. Los procedimientos siguieron estrictamente los protocolos establecidos, garantizando la precisión y fiabilidad de los resultados. La diversidad de los parámetros analizados proporciona una visión integral del estado del agua, lo cual es esencial para la correcta evaluación y toma de decisiones sobre su calidad y tratamiento.

- **Comparación de los resultados obtenidos del análisis de laboratorio con los valores máximos permisibles establecidos en la resolución 2115 del 2007:**

Los resultados del análisis de laboratorio fueron contrastados con los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007. Esta comparación reveló discrepancias entre el estado actual del agua y los estándares regulatorios. Se identificaron varios parámetros que exceden los límites permisibles, indicando la presencia de contaminantes que requieren atención urgente. Esta evaluación es fundamental para determinar la necesidad y el tipo de intervenciones necesarias para asegurar que el agua cumpla con los estándares de calidad establecidos por la normativa.

- **Análisis e identificación de la tecnología de tratamiento aplicable según las características físicas, químicas y microbiológicas:**

Basándose en las características físicas, químicas y microbiológicas del agua identificadas en los análisis, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de las tecnologías de tratamiento disponibles. Se identificó la tecnología específica y adecuada para abordar los contaminantes detectados. Este análisis garantiza que la tecnología seleccionada sea la más efectiva y eficiente para mejorar la calidad del agua, considerando sus características específicas.

9. RECOMENDACIONES

Basándonos en los hallazgos y conclusiones de la investigación de caracterización de aguas subterráneas en la Institución Educativa María Inmaculada en la vereda El Paraíso, se formulan las siguientes recomendaciones:

1. Muestreo y ensayos de laboratorio:
 - **Establecer Protocolos Estandarizados de Muestreo:**
Desarrollar y aplicar procedimientos estándar para la toma de muestras de agua, asegurando la consistencia y precisión en la recolección de datos.
 - **Frecuencia y Ubicación de Muestreo:**
Definir una frecuencia de muestreo adecuada y seleccionar puntos estratégicos que representen correctamente las diferentes fuentes y condiciones del agua.
2. Comparación con Normativa:
 - **Análisis de Tendencias:** Realizar análisis estadísticos y de tendencias de los datos recolectados para identificar patrones y cambios en la calidad del agua a lo largo del tiempo.
3. Sostenibilidad y Mantenimiento:
 - **Selección de tecnologías:** Optar por tecnologías que no solo sean efectivas, sino también sostenibles y fáciles de mantener a largo plazo.

10. ANEXOS



Ilustración 12: coordenadas de la institución educativa



Ilustración 13: toma de muestras



Ilustración 14: toma de muestras

CERTIFICADO DE ASISTENCIA ACOFI 2023



CERTIFICA QUE:

Paula Lorena Garay Yepes
Identificación N°. **1192813235**
Universidad Piloto de Colombia, Colombia

participó en el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2023 (EIEI ACOFI 2023)
realizado en la ciudad de Cartagena de Indias (Colombia) del 19 al 22 de septiembre de 2023.

En constancia se firma a los veintidós (22) días del mes de septiembre del año dos mil veintitrés (2023).


Olga Patricia Chacón Arias
Presidenta ACOFI


Luis Alberto González Araujo
Director Ejecutivo



SEPTIEMBRE 19 al 22 2023
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA

Ilustración 15: certificado de asistencia

CERTIFICADO DE PONENCIA:



Ilustración 16: certificado de ponencia

LINK DE PUBLICACION DE ARTICULO DE ACOFI:

<http://acofi.edu.co/eiei2023/wp-content/uploads/2023/09/EIEI-ACOFI-N-2.pdf>

REFERENCIAS

- 1991, C. P. (1991). *CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991.html
- 2007, D. 1. (09 de 05 de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>
- Andres Sahuquillo, E. C. (11 de 05 de 2023). *PDF*. Obtenido de https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_subterraneas.pdf
- Antonio Cardona, J. C. (18 de 11 de 1991). *Geofisica internacional* . Obtenido de <http://132.248.182.214/index.php/RGI/article/view/1390/1391>
- AQUALIA. (26 de 04 de 2023). Obtenido de <https://www.aqualia.com.co/web/aqualia-colombia/aqualia-colombia/flandes>
- Boss Tech . (s.f.). Obtenido de <https://bosstech.pe/tratamiento-del-agua-subterranea-para-consumo-humano/#:~:text=Aguas%20Subterr%C3%A1neas&text=Los%20principales%20m%C3%A9todos%20de%20tratamiento,se%20extrae%20de%20su%20sitio.>
- BUSTOS, I. F. (07 de 2012). *Anexo1_ESTUDIO DE SUEL*. Obtenido de file:///C:/Users/Downloads/Anexo1_ESTUDIO%20DE%20SUELOS.pdf
- Cortes, D. (s.f.). *Universidad Cesuma*. Obtenido de <https://www.cesuma.mx/blog/caracteristicas-de-las-plantas-de-tratamiento-de-aguas-subterraneas.html>
- Cuadra, R. C. (08 de 06 de 2020). *Tecno soluciones*. Obtenido de <https://tecnosolucionescr.net/blog/215-caracteristicas-fisicos-quimicas-y-biologicas-en-el-agua-potable-que-deben-controlarse>
- DOMICILIARIOS, S. P. (11 de 07 de 1994). *SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752>
- FLANDES, E. M. (08 de 04 de 2021). *MUNICIPIOS DE COLOMBIA* . Obtenido de <https://www.municipio.com.co/municipio-flandes.html>
- Gómez-Niño, H. I. (28 de 05 de 2020). *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-02832020000200089
- Inmaculada, I. e. (11 de 05 de 2023). Obtenido de <https://www.mariainmaculadaflandes.edu.co/sede-paraiso/>
- Liliana Vence Márquez1, M. R. (15 de 06 de 2012). *Google academico* . Obtenido de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/953/948>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, V. (22 de 06 de 2007). *RESOLUCION 2115*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/>
- MINISTERIO DE LA Protección SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. (06 de 22 de 2007). Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/salud-ambiental/>

Ministerio de Vivienda, C. y. (09 de 12 de 2021). *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. Obtenido de <https://www.minvivienda.gov.co/>

Ministerio de Vivienda, C. y. (2021 de 12 de 2021). *resolucion 0799 2021*. Obtenido de <https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-799-de-2021.pdf>

Minvivienda, R. O.-2. (08 de 06 de 2017). *Resolución 0330 - 2017 - Minvivienda*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0>

Muguira, A. (11 de 05 de 2023). *questionpro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-descriptiva/>

NORMA TECNICA COLOMBIANA . (10 de 05 de 1995). *ntc- iso*. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/calidad-turistica/normas-tecnicas-colombianas-y-guias>

Ortega, C. (11 de 05 de 2023). *questionpro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/>

Prunes, E. H. (27 de 03 de 2022). *Descubre WWF*. Obtenido de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/que-es-el-agua-subterranea-y-por-que-es-tan-importante>

Sanchez, J., Romero, D., Ospina, O., & Ospitia, J. (07 de 09 de 2022). *EIEI Acofi papers*. Obtenido de [acofipapers.org: https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/2400](https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/2400)

SOCIAL, M. D. (04 de 02 de 2022). Obtenido de <file:///C:/Users//OneDrive/Documentos/Resoluci%C3%B3n%20No.%20172%20de%202022.pdf>

SOLAR, N. G. (25 de 10 de 2013). *Sedici* . Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32054/Documento_completo_.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TELLO, A. N. (2001). *C:\publicaciones2\Tolima.PDF*. Obtenido de <https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040002195/documento/pdf/0101021951101000.pdf>

Toro, J. C. (04 de 2009). Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Corrales-Perez/publication/292983979_Estudio_del_acuifero_Aluvial_del_Valle_de_Esteli-Nicaragua/links/56b3c8cb08ae5deb2657e3b5/Estudio-del-acuifero-Aluvial-del-Valle-de-Esteli-Nicaragua.pdf#page=74

Valdivielso, A. (s.f.). *Iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-subterraneas>