

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO DEL AGUA
PARA LA VEREDA CUMACA RICAURTE, (CUND).

JHON DAVID SALGUERO ANZOLA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2024

CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TECNOLOGIA DE TRATAMIENTO DEL AGUA
PARA LA VEREDA CUMACA RICAURTE, (CUND).

JHON DAVID SALGUERO ANZOLA
jhon-salguero@upc.edu.co

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil

Asesor
JESUS FLAMINIO OSPITIA PRADA
Ingeniero Civil
Jesus-opitia@unipiloto.edu.co

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT, CUNDINAMARCA
2024

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a todas las personas y entidades que hicieron posible la culminación de este significativo logro académico.

En primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la guía necesaria para superar cada desafío presentado en este camino. Su presencia constante ha sido mi faro de luz en los momentos más oscuros.

A mi amada familia, cuyo amor incondicional y apoyo han sido fundamentales para mi éxito. A mis padres, por sus sacrificios y por siempre creer en mí; a mis hermanos, por ser mi fuente de inspiración y motivación constante. Vuestro aliento y confianza en mis capacidades me han impulsado a perseverar y alcanzar mis metas, incluso en los momentos más difíciles.

A mi novia, por su paciencia, amor y comprensión inagotables. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino, por cada palabra de aliento y cada gesto de cariño que me han dado la fuerza para seguir adelante. Tu presencia ha sido un pilar esencial en este viaje, y no puedo imaginar haberlo logrado sin tu apoyo.

A los docentes y mentores, en especial al profesor Jesús Flaminio Ospitia Prada, cuya dedicación, conocimiento y orientación fueron cruciales para el desarrollo de este trabajo. Su entusiasmo por la investigación ha sido una fuente de inspiración y ha enriquecido mi experiencia académica.

Este logro no solo representa mi esfuerzo individual, sino también el trabajo colaborativo de todos aquellos que, de alguna manera, han contribuido a mi formación y crecimiento profesional. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expreso mi profunda gratitud a Dios por otorgarme la oportunidad invaluable de alcanzar este hito en mi vida académica, brindándome la sabiduría necesaria para enfrentar y superar cada desafío que surgió a lo largo de mi carrera.

Igualmente, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas especiales que, de una forma u otra, me brindaron su apoyo constante y me infundieron la fuerza necesaria para alcanzar este logro, uno de muchos por venir.

Además, quiero expresar mi sincero agradecimiento al profesor Jesús Flaminio Ospitia Prada, cuya dedicación y apoyo inquebrantable fueron fundamentales durante la elaboración de este proyecto. Su orientación y estímulo constante despertaron y fomentaron mi interés por la investigación, contribuyendo significativamente al éxito de este trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA / PREGUNTA(S):	14
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	18
3.1. OBJETIVO GENERAL	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. DELIMITACIÓN.....	19
5. MARCO REFERENCIAL	20
5.1. ANTECEDENTES	20
5.2. MARCO TEÓRICO.....	22
5.3. MARCO CONCEPTUAL	27
5.4. MARCO LEGAL	29
5.5. MARCO GEOGRAFICO.....	32
5.5.1. Reseña Histórica	32
5.5.2. Georreferenciación.....	33
5.6. MARCO DEMOGRÁFICO	37
6. METODOLOGÍA.....	38
6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
6.1.1. Enfoque de la investigación	38
6.1.2. Fases de Investigación.....	39
7. RECURSOS	45
8. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	47
8.1. FASE 1. TOMA DE MUESTRAS.....	47
8.1.1. Visita de Campo	47
8.1.2. Recolección de Muestras	49
8.2. FASE 2. CARACTERIZACIÓN.....	55
8.3. FASE 3. TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	60
8.3.1. Filtración Convencional	61
8.3.2. Filtración Optimizada.....	62

9.	CONCLUSIONES.....	64
10.	RECOMENDACIONES	65
11.	REFERENCIAS.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Físicas Del Agua	24
Tabla 2. Características Químicas Del Agua	25
Tabla 3. Normatividad.....	29
Tabla 4. Características Físicas.....	40
Tabla 5. Características Químicas Que Tienen Reconocido Efecto Adverso En La Salud Humana.....	42
Tabla 6. Características Químicas Que Tienen Implicaciones Sobre La Salud Humana	42
Tabla 7. Características Químicas Que Tienen Mayores Consecuencias Económicas E Indirectas Sobre La Salud Humana.....	43
Tabla 8. Tecnologías De Tratamiento De Potabilización	44
Tabla 9. Recurso Humano	45
Tabla 10. Recurso Técnico	45
Tabla 11. Análisis De Resultados Fisicoquímicos Bajo La Resolución 2115 De 2007	57
Tabla 12. Análisis De Resultados Microbiológicos Bajo La Resolución 2115 De 2007	59
Tabla 13. Tecnología De Tratamiento.....	61
Tabla 14. Tecnologías Convencionales De Potabilización De Agua Y Sus Limitaciones	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árbol De Problemas.....	15
Figura 2. Objetivos De Desarrollo Sostenible	16
Figura 3. Objetivos De Desarrollo Sostenible Del Proyecto.....	17
Figura 4. Nacimiento Del Rio Bogotá.....	23
Figura 5. Del Mapa De Colombia Al Departamento De Cundinamarca	34
Figura 6. Del Departamento De Cundinamarca Al Municipio De Ricaurte.....	35
Figura 7. Del Municipio De Ricaurte-Cundinamarca A La Vereda Cumaca.....	35
Figura 8. De La Vereda Cumaca Al Sitio Del Proyecto.....	36
Figura 9. Familias De La Vereda Cumaca.....	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Embalse Natural Del Nacedero La Esperanza	48
Anexo 2. Fauna Y Flora Del Embalse Natural Del Nacedero La Esperanza	48
Anexo 3. Estado Del Embalse Natural Del Nacedero La Esperanza	49
Anexo 4. Envases Para La Recolección De Muestras Vidrio Y Plástico.....	50
Anexo 5. Neveras De Icopor Y Pilas De Hielo	51
Anexo 6. Acta De Toma De Muestras De Agua Cruda.....	51
Anexo 7. Recolección De Las Muestras Con El Envase Plástico	52
Anexo 8. Recolección De Las Muestras Con El Envase De Vidrio	53
Anexo 9. Transporte De Pilas De Hielo Alrededor De Las Muestras En La Nevera De Icopor	54
Anexo 10. Reporte De Resultados Del Laboratorio	56

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo el análisis de la calidad del agua, junto con una propuesta que determine la posible tecnología para el tratamiento del agua, mediante la captación de muestras se pretende determinar los factores que se encuentran allí a través de pruebas de laboratorio físico, químico y microbiológico del Embalse Natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza”, para el beneficio de viviendas de la Vereda Cumaca, ubicada en el Municipio de Ricaurte, Cundinamarca, este trabajo se realiza mediante la problemática que presentan estas viviendas de la vereda frente al recurso hídrico potable.

Por lo tanto, para la caracterización del agua es fundamental realizar la recolección de muestras, las cuales deben ser enviadas al laboratorio de control de calidad especializado en agua. Dicho laboratorio debe estar acreditado conforme a la resolución 172 del 2022, emitida por el Ministro de Salud y Protección Social, así mismo se tiene muy en cuenta la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021 “Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017”, la cual es importante para determinar la posible tecnología de tratamiento, según las características obtenidas de la muestra. El suministro seguro y adecuado de agua facilita la práctica de la higiene y contribuye a la prevención de enfermedades diarreicas, las cuales están estrechamente relacionadas con la escasez de agua potable. Además, el acceso a agua potable mejora significativamente la calidad de vida de las personas al prevenir no solo enfermedades diarreicas, sino también infecciones respiratorias agudas y diversas enfermedades tropicales desatendidas.

Palabras Claves: Caracterización del agua, tecnologías de tratamiento, nacedero de agua potabilización, embalse natural.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the quality of water, along with a proposal that determines the possible technology for water treatment. By collecting samples, it is intended to determine the factors found there through physical laboratory tests. , chemical and microbiological of the Natural Reservoir of water from the “La Esperanza” spring, for the benefit of homes in the Cumaca Village, located in the Municipality of Ricaurte, Cundinamarca, this work is carried out through the problems presented by these homes in the village against the potable water resource.

Therefore, for the characterization of water it is essential to collect samples, which must be sent to the quality control laboratory specialized in water. Said laboratory must be accredited in accordance with resolution 172 of 2022, issued by the Minister of Health and Social Protection, and Resolution 799 of December 22, 2021 “By which Resolution 0330 of 2017 is modified, is taken into account. ” which is important to determine the possible treatment technology, according to the characteristics obtained from the sample. The safe and adequate supply of water facilitates the practice of hygiene and contributes to the prevention of diarrheal diseases, which are closely related to the scarcity of drinking water. Furthermore, access to safe water significantly improves people's quality of life by preventing not only diarrheal diseases, but also acute respiratory infections and various neglected tropical diseases.

Keywords: Water characterization, Water treatment, Source, Drinking water, Sidewalk, Catchment, Mitigate, Water Resource.

INTRODUCCIÓN

Por lo menos 3 millones de los habitantes rurales de Colombia no cuentan con acceso a los servicios básicos de agua potable, lo cual equivale al 28% de la población rural colombiana, según Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Personas víctimas del conflicto armado, con altos niveles de pobreza y pocas oportunidades, tienen que hacer frente a esta crítica realidad que sitúa a las comunidades en riesgo de enfermedades (Ramírez, 2020).

Situado en la cordillera oriental, se encuentra a 142 kilómetros de Bogotá. El municipio abarca un área territorial de 12,481 hectáreas, de las cuales 1,319 son urbanas y 11,162 rurales, con una extensión total de 128 km². Ricaurte disfruta de una temperatura media de 28°C y está a 284 metros sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Ricaurte, Cundinamarca, 2024).

En la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte, Cundinamarca, se enfrenta una problemática crítica en relación con el suministro de agua. La carencia de un sistema de acueducto o red de distribución adecuada ha llevado a que los residentes dependan directamente del Embalse Natural del nacedero de agua “La Esperanza”, utilizando métodos no convencionales que comprometen tanto la calidad del recurso como la integridad del ecosistema circundante. El uso de mangueras para extraer el agua directamente del nacedero representa un riesgo significativo de contaminación y deterioro del embalse natural, lo que a su vez impacta negativamente en la calidad del agua suministrada a la comunidad. Además, el almacenamiento de este recurso en tanques de asbesto-cemento conlleva riesgos adicionales para la salud de los habitantes, dado el conocido potencial carcinogénico de este material. A pesar del conocimiento generalizado sobre estos riesgos, los habitantes de Cumaca se ven obligados a consumir esta agua cruda debido a la falta de alternativas viables. Esta situación plantea un desafío técnico y humano urgente que requiere la atención inmediata de las autoridades competentes y la sociedad en su conjunto, con el fin de garantizar el acceso a un suministro de agua seguro y sostenible para esta comunidad.

Con base en lo expuesto anteriormente, este proyecto consiste en una investigación destinada a recopilar datos físicos-químicos y microbiológicos del agua proveniente de un embalse natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza”, con el propósito de desarrollar una propuesta para la implementación de tecnologías de tratamiento para este tipo de agua superficial.

Este enfoque integral busca abordar tanto los aspectos técnicos relacionados con el tratamiento del agua como las necesidades específicas de la comunidad, con el objetivo final de mejorar las condiciones de acceso al agua potable y mitigar los riesgos para la salud asociados con su consumo actual.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El acceso a agua potable no solo mejora de manera sustancial la calidad de vida de las personas, sino que también juega un papel crucial en la prevención de una amplia variedad de enfermedades. Entre ellas se encuentran no solo enfermedades diarreicas, sino también las infecciones respiratorias agudas y una serie de enfermedades tropicales desatendidas. La disponibilidad de agua potable es fundamental para reducir la incidencia de estas patologías y, por ende, para promover la salud pública y el bienestar en las comunidades.

En la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte, se enfrenta el problema mencionado anteriormente con relación al suministro de agua. El agua consumida por los habitantes de esta zona no es apta para el consumo humano, ya que proviene directamente del embalse natural del nacedero conocido como "La Esperanza". Esta situación pone en riesgo la salud de las familias que dependen de este embalse natural, ya que están expuestas a contraer diversas enfermedades.

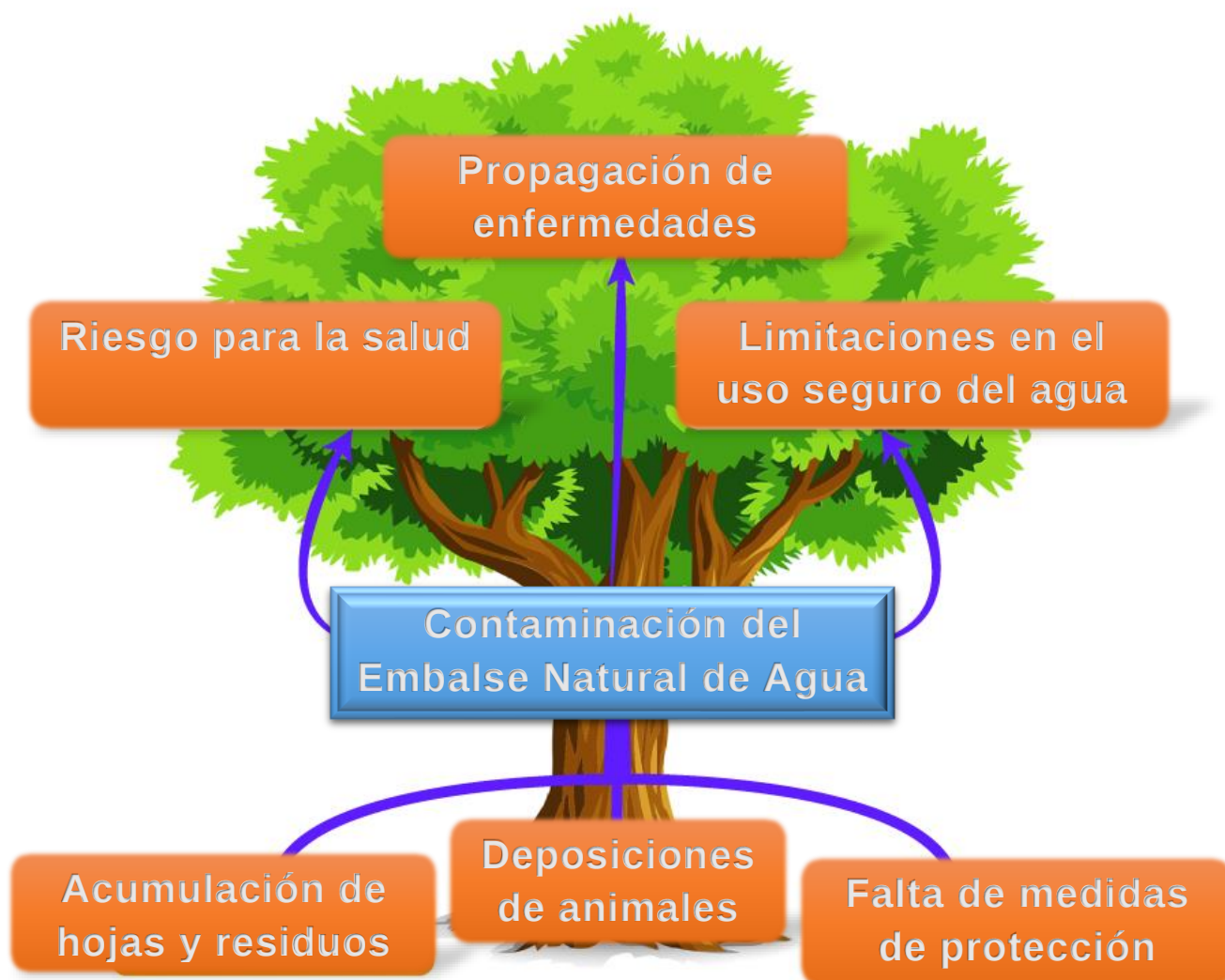
Es importante destacar que las personas de esta vereda tienen recursos limitados y carecen de una red de distribución de agua que satisfaga sus necesidades. Por lo tanto, recurren al almacenamiento de agua en tanques de PVC y asbesto-cemento, siendo este último un material cancerígeno que ya no se emplea debido a sus riesgos para la salud. Esta situación evidencia la urgente necesidad de abordar el acceso al agua potable en la vereda Cumaca, considerando la salud y bienestar de sus habitantes.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA / PREGUNTA(S):

¿Cuáles son los contaminantes presentes en el agua, para el consumo humano de la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte Cundinamarca, según las características físicas químicas y microbiológicas?

¿Cuál es la tecnología utilizada para el tratamiento del agua, con el fin de convertirla en apta para el consumo humano, en la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte, Cundinamarca?

Figura 1. Árbol de Problemas



Nota. Se puede representar en este árbol, el problema crítico en el centro del árbol, las causas en la parte inferior del árbol y sus consecuencias en la parte superior del árbol. Fuente: elaboración propia.

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, en las áreas rurales, las aguas provenientes de nacimientos constituyen una alternativa para satisfacer diversas necesidades de las personas que residen en las proximidades de estas fuentes hídricas. Estas aguas pueden ser utilizadas para actividades como la higiene personal, el lavado de ropa, la realización de labores de limpieza, entre otras tareas domésticas.

En la vereda Cumaca, se encuentra un embalse natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza” cuya agua es utilizada por los habitantes más cercanos para diversas necesidades, incluido el consumo humano. Sin embargo, el agua del embalse natural presenta cierto grado de contaminación, ya que puede acumular hojas u otros residuos, así como ser objeto de deposiciones de animales. Las familias obtienen el agua directamente del embalse natural, conectando una manguera para su autoconsumo, lo cual representa una problemática significativa debido al riesgo que implica el consumo directo de esta agua cruda para uso humano.

Figura 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible



Nota. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), son un conjunto de 17 metas globales adoptadas por las Naciones Unidas en 2015. Estos objetivos representan un plan maestro para lograr un futuro sostenible para todos. Tomado de Objetivos de Desarrollo Sostenible

[Ilustración] CEPAL, 2015. Fuente: <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>.

La ejecución del proyecto aporta dos de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales serían los siguientes:

Figura 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible del Proyecto



Nota. Se puede contribuir con dos objetivos del desarrollo sostenible para el presente proyecto. Tomado de Objetivos de Desarrollo Sostenible [Ilustración] CEPAL, 2015, <https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>.

Los objetivos de la ODS propuestos por el proyecto para los habitantes de la zona rural son de vital importancia, ya que al realizar un análisis de la calidad del agua y proponer una tecnología de tratamiento, se logrará producir **agua limpia y saneamiento**, promoviendo la **salud y bienestar**, con el objetivo de mitigar las muertes asociadas al consumo de agua en condiciones no óptimas para el ser humano. Además de los objetivos mencionados, el proyecto podría contribuir significativamente al desarrollo sostenible de la comunidad local. Por ejemplo, la implementación de tecnologías de tratamiento de agua podría fomentar la conservación de recursos naturales al reducir la contaminación del agua y preservar la salud de los ecosistemas acuáticos circundantes. Asimismo, al mejorar la calidad del agua disponible para consumo humano, se promovería una mayor equidad social al garantizar el acceso a un recurso vital para todos los miembros de la comunidad, independientemente de su condición socioeconómica. Esto podría tener un impacto positivo en la productividad y el desarrollo económico local, al reducir los costos asociados con enfermedades relacionadas con el agua y permitir que las personas puedan dedicar más tiempo y energía a actividades productivas. En última instancia, estas mejoras en la calidad del agua podrían fortalecer la resiliencia de la comunidad ante futuros desafíos ambientales y de salud pública, promoviendo un mayor bienestar y calidad de vida para todos sus habitantes.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de contaminantes según la calidad del agua, para el consumo humano presente en la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte (Cund), con el fin de proponer tecnología de tratamiento adecuada.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ejecutar la toma de muestras del agua para consumo humano de la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte (Cund), según punto de captación ubicado en el nacedero la Esperanza bajo los parámetros de la NTC-ISO 5667-3 y NTC-ISO 5667-6.
- Analizar las características físicas, químicas y microbiológicas de los resultados del laboratorio conforme a la resolución 2115 del 2007.
- Identificar la tecnología de tratamiento de acuerdo con la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021 “Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017”.

4. DELIMITACIÓN

El proyecto de investigación se enfocó en la evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua extraída del embalse natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza” en la vereda Cumaca, siguiendo las normativas NTC-ISO 5667-3 y NTC-ISO 5667-6. Además, se buscó identificar tecnologías de tratamiento que cumplan con los requisitos establecidos por la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021, la cual ajusta la Resolución 0330 de 2017. Este enfoque permitirá abordar la problemática del suministro de agua en la comunidad, con el objetivo de proponer soluciones efectivas al migrar cargas contaminantes.

Este enfoque integral no solo permitirá abordar la problemática del suministro de agua en la comunidad, sino que también proporcionará un marco de referencia para implementar soluciones sostenibles y efectivas. Al migrar las cargas contaminantes, se busca mejorar significativamente la calidad del agua suministrada, reduciendo el riesgo de enfermedades y mejorando la calidad de vida de los habitantes de la vereda Cumaca. De esta manera, el proyecto contribuye a la protección del medio ambiente y al bienestar de la comunidad, promoviendo el uso racional y sostenible de los recursos hídricos disponibles.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES

Para llevar a cabo los antecedentes del presente proyecto, se abordaron los siguientes trabajos de investigación similares:

5.1.1. Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca.

El acceso al agua potable en zonas rurales en Colombia es un tema considerado de alta importancia y priorizado por diferentes instituciones de orden nacional y territorial. No obstante, pese a que la cobertura crece, muchas comunidades siguen pendientes de recibir agua apta para consumo humano en sus hogares. El presente proyecto tiene como objetivo definir conceptualmente el sistema de potabilización del agua más apropiado para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca donde actualmente la cobertura en agua potable es nula. Para su desarrollo, en trabajo de campo se reconoció la población a beneficiar; seguidamente se identificaron las fuentes de agua para abastecer el sistema, seleccionando la más adecuada de acuerdo con parámetros de calidad del agua cruda, su disponibilidad y condiciones técnicas; Posteriormente se ejecutaron pruebas de tratabilidad para definir un tren de tratamiento que entregue agua apta para consumo humano, de manera sencilla y económica. Concluyendo con la propuesta de una solución basada en la filtración lenta (Bernal, 2018, pág. 10).

5.1.2. Caracterización Hídrica y Diseño Hidráulico del Sistema de Tratamiento De Agua para Consumo Humano en la Vereda Jagualito Pueblo Nuevo, Municipio de Guamo - Tolima

En el presente proyecto de investigación se aborda la calidad de agua en una fuente hídrica subterránea que es utilizada como fuente de abastecimiento de un acueducto veredal en el municipio del Guamo Tolima en la vereda Jagualito Pueblo, por ende no se cuenta con los registros u o procesos que garanticen que el fluido utilizado cumpla con las normas mínimas estipuladas por el ministerio de la protección social ,ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial mediante la resolución 2115 del 22 de junio de 2007. El objetivo del proyecto consiste en realizar la caracterización hidráulica y el diseño hidráulico con el fin de entregar todos los procesos que garanticen que el fluido se encuentre en buenas condiciones y no tenga repercusiones en la salud de los habitantes de esta zona veredal. (Herrera, 2020, pág. 14).

5.1.3. Tecnologías para la Potabilización y Tratamiento de Aguas Superficiales en Colombia

El objetivo de esta monografía es analizar las tecnologías para la potabilización y tratamiento de aguas superficiales, en primer lugar, se abordará la importancia de la potabilización y los procesos de potabilización y tratamientos de aguas superficiales, seguidamente, se conocerán las tecnologías que se implementan en los procesos de potabilización y cuáles se aplican en las plantas de tratamiento en Colombia. Posteriormente, se identificarán los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que se reglamentan en la normatividad de Colombia. Por último, se mencionarán las tecnologías que son implementadas en los tratamientos de aguas superficiales en el contexto suramericano y las usadas en Colombia con el fin de conocer la efectividad en la remoción de los contaminantes, además de describir sus ventajas y desventajas para lograr la construcción de un análisis comparativo que permita identificar cual es la tecnología que tiene mayor efectividad en los procesos de eliminación de sustancias y partículas contaminantes. (Villamizar, 2020, págs. 9-10).

5.1.4. Propuesta de un Sistema de Potabilización De Aguas Subterráneas, caso de estudio Pozo Finca el Caimanera en el municipio de el Arbolito Espinal - Ubicado en la Vereda Tolima teniendo en cuenta la Caracterización Física, Química y Microbiológica.

El siguiente proyecto tiene como fin proponer un sistema de potabilización de aguas subterráneas teniendo en cuenta la caracterización física, química y microbiológica al pozo que se localiza en la finca el arbolito, ubicado en la vereda La Caimanera, en el municipio de El Espinal-Tolima, La finca El Arbolito cuenta con un pozo de aguas subterráneas el cual maneja un método de extracción por bombeo, los habitantes de la finca utilizan el recurso hídrico con fines de agricultura, como riego de cultivos, limpieza de maquinaria y reserva doméstica en caso de emergencia. Para llevar a cabo el desarrollo de esta propuesta fue necesario realizar un análisis del entorno para localizar los cinco (5) pozos o aljibes aledaños al pozo de la finca El Arbolito los cuales fueron sometidos a ensayos fisicoquímicos INSITU con la finalidad de caracterizar el afluente en una zona más amplia.

La caracterización del agua es el paso más importante para obtener un análisis correcto y de tal manera proponer el sistema que cumpla con las necesidades del recurso; Al pozo principal ubicado en la Finca El Arbolito se le realizaron los laboratorios físico-químicos y microbiológicos contemplando la resolución 0330 del 2017 y comparando los resultados con la norma nacional vigente es decir la resolución 2115 del 2007 la cual nos permite identificar los rangos máximos de cada elemento analizado y determinar cuáles de estos componentes están por encima del rango permitido, posteriormente por medio de las tecnologías de tratamiento que facilita la resolución 0330 de 2017 en artículo 9 se propone el tren de procesos que mayor se adecua a la remoción de los contaminantes que se encontraron en el análisis de laboratorio de la muestra. (Cardoso & Ramirez, 2021, pág. 11).

5.2. MARCO TEÓRICO

Según (Villabón & Triana, 2021, pág. 19), afirma que, en el siglo XXI el ser humano ha realizado los mejores avances para generar comodidad y placer a sí mismo, teniendo en cuenta que muchas de ellas no son necesarias, pero que muestra avance como un ser independiente, pero si miramos atrás no todos cuentan con las necesidades básicas de cada uno, como lo es tener agua potable en su hogar, al no contar con esto se vuelve imposible tener una vida cómoda y placentera, puesto que el agua es una sustancia indispensable para la existencia de un ser humano.

Uno de los problemas más comunes en las zonas rurales de los municipios de nuestro país es la falta de este recurso hídrico tan importante para cada uno. El suministro de agua potable es un problema que ha ocupado al hombre desde la antigüedad. De acuerdo con estadísticas, el 45% de la población mundial carece de un acceso directo a los servicios de agua potable, mil millones de personas están sin acceso al servicio, dos mil quinientos millones no cuentan con servicio de purificación y en los países desarrollados los niños consumen de 30 a 50 veces más agua que en los países llamados en vías de desarrollo. (Romero García, 2019 citado por Villabón & Triana, pág. 19).

5.2.1. Nacimiento de agua

Los manantiales reciben su nombre por cómo fluyen y hay cinco tipos principales. El primer tipo de manantial es un manantial de gravedad. Así es como suena: se forman por la fuerza de la gravedad. El agua se arrastra hacia abajo a través del suelo hasta que alcanza una capa que no puede penetrar. Como no tiene adónde ir, comienza a fluir horizontalmente hasta que llega a una abertura y el agua sale como un manantial. Por lo general, se encuentran a lo largo de laderas y acantilados.

Un manantial se forma cuando la presión en un acuífero hace que parte del agua fluya hacia la superficie. Esto suele ocurrir en elevaciones bajas, a lo largo de laderas o al pie de pendientes. Algunos manantiales son solo pequeños goteos de agua que se filtran desde el suelo, mientras que otros son lo suficientemente grandes como para crear ríos o lagos (Rodrigo, 2020).

El nacimiento El Mirador es un afloramiento de agua natural en la hacienda El Cholo, del municipio de Roncesvalles (Tolima). Aunque no es el único existente en este predio ganadero de 2300 hectáreas, sí es uno de los más importantes para esta empresa rural, situada entre las cumbres de la cordillera Central. Este es un pequeño brote de agua que surte a los cinco potreros más productivos de la hacienda, donde se encuentran unas ciento cincuenta cabezas de ganado, y satisface el consumo doméstico de una familia de seis integrantes.

En efecto, los nacimientos de agua son frecuentes en este territorio y se suman a la riqueza natural que lo caracteriza. Son importantes no solo por los beneficios ambientales que brindan a la región, sino también por los usos dados por la comunidad: suplen la ausencia de acueductos, fortalecen sistemas de riego y funcionan como bebederos para el ganado, entre otros. El Mirador, por ejemplo, es una muestra del aporte que estos cuerpos de agua hacen a la vida social y económica de la población. Sin embargo, es precisamente, cuando estos usos son mal manejados, que se constituyen en una amenaza para la sostenibilidad del recurso que proveen (Bernal G. , 2022).

Figura 4. Nacimiento del Rio Bogotá



Nota. Las fuentes hídricas como los manantiales fluyen a partir de aguas subterráneas, atraviesa la roca, sedimento o suelo y luego fluye sobre la superficie de la tierra. Tomado de. Alcaldía de Bogotá [Fotografía] Ana María Cuevas, 2022, <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/crealo-este-es-el-nacimiento-del-rio-bogota>.

Un manantial es una corriente de agua que proviene de una fuente subterránea o de entre las rocas y que emerge a la superficie. Algunos manantiales surgen por la filtración de agua de lluvia, nieve o por rocas ígneas, que dan lugar a las aguas termales. Así, el caudal de algunos manantiales dependerá de las estaciones y del volumen de las lluvias, haciendo que los manantiales originados por la filtración se sequen en periodos de escasas precipitaciones. En cambio, los que poseen un caudal copioso pueden utilizarse para dar suministro a la población local. El origen del agua de manantial es precisamente lo que nos permite establecer varios tipos (AQUAE FUNDACION, 2021).

5.2.2. Características y criterios de la calidad del agua para consumo humano

Características del agua para consumo humano. Las características físicas, químicas y microbiológicas, que puedan afectar directa o indirectamente la salud humana, así como los criterios y valores máximos aceptables que debe cumplir el agua para el consumo humano, serán determinados por los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en un plazo no mayor a un (1) mes contado a partir de la fecha de publicación del presente decreto (Decreto 1575 , 2007).

El criterio principal para que el agua se considere apta para el consumo humano es que esté limpia, sea salubre y no contenga microorganismos o parásitos que supongan un riesgo para la salud humana. Hay unos parámetros que definen las características que debe tener el agua que puede ser consumida por las personas. Éstos dependen de su color, su olor, sabor o PH entre otros factores: (ALCORA, 2016).

Tabla 1. Características Físicas del Agua

Turbiedad	Fenómeno óptico que puede medirse por la mayor o menor resistencia del agua al paso de la luz. Se debe a partículas que estando en suspensión, como los coloides, le dan al líquido la capacidad de dispersar la luz.
Color	El color se debe a diferentes componentes de la materia mineral y vegetal en descomposición; cuando se encuentran disueltos, reciben el nombre de color verdadero. Cuando se torna un color aparente, se debe a la aparición de arcillas o arenas que causan la turbiedad en el agua.
Olor y sabor	Son producidos por algas, materia orgánica en descomposición, desechos industriales y sales de diferentes orígenes.
Temperatura	La temperatura del agua tiene incidencia en la presentación. Se dice que el agua es fresca cuando está a unos 5°C por debajo de la temperatura del lugar.

Nota. Características físicas del agua. Tomado de Tecnologías para la Potabilización y Tratamiento de Aguas Superficiales en Colombia Ivan Yahid Villamizar Niño, 2020. Fuente: https://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5359/1/Villamizar_2020_TG.pdf.

Tabla 2. Características Químicas del Agua

pH	Es el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrógeno.
Acidez	Es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes en ella, expresadas como carbonato de calcio equivalente.
Alcalinidad	La alcalinidad del agua se mide por su capacidad para neutralizar ácidos, además, es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes para favorecer la floculación.
Dureza	Aguas duras son las que no permiten que se disuelva el jabón, es decir, no dejan hacer espuma. La dureza afecta procesos industriales y en algunos casos puede dar sabor al agua. Cuando las aguas son muy suaves o blandas disuelven rápidamente el jabón.
Oxígeno disuelto	Las aguas limpias están saturadas de oxígeno disuelto; si a estas aguas se les descargan residuos orgánicos se les agota el oxígeno disuelto. El oxígeno en el agua permite la existencia de peces y plantas, y da sabor agradable al agua.

Nota. Características químicas del agua. Tomado de Tecnologías para la Potabilización y Tratamiento de Aguas Superficiales en Colombia [Tabla] Ivan Yahid Villamizar Niño, 2020, https://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5359/1/Villamizar_2020_TG.pdf.

5.2.3. Responsables del control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para consumo humano

Responsables. La implementación y desarrollo de las actividades de control y calidad del agua para consumo humano, será responsabilidad de los Ministerios de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el Instituto Nacional de Salud, las Direcciones Departamentales Distritales y Municipales de Salud, las personas prestadoras que suministran o distribuyen agua para consumo humano y los usuarios, para lo cual cumplirán las funciones indicadas en los artículos siguientes (Decreto 1575 , 2007).

El acceso al agua potable es un derecho humano que se ha convertido en un objetivo internacional. Sin embargo, algunos informes afirman que entre 800 a 1000 millones de personas carecen actualmente de acceso a agua potable. Muchas de estas personas viven en comunidades pequeñas, remotas y pobres. Los residentes de estas comunidades a menudo se ven forzados a recoger agua lluvia, o en fuentes como ríos o lagos; en la mayoría de los casos, la calidad de agua recogida suele ser pobre. Esta situación representa un alto riesgo para la salud de las personas (Gómez, 2017, pág. 5).

La problemática del abastecimiento de agua en el sector rural y aún en el sector urbano, con todas sus ramificaciones sanitarias y ambientales, ha sido efectivamente planteada por el profesor Luis Alejandro Camacho en su excelente artículo “La paradoja de la disponibilidad de agua de mala calidad en el sector rural colombiano”, según él, la mala calidad del agua debido a los problemas de contaminación de las fuentes, genera conflictos de uso – calidad en muchas partes del país, siendo el mayor problema la falta de conciencia y conocimiento de la problemática por la mayoría de los habitantes e incluso por los gobernantes, siendo así que hay mayor conciencia popular sobre la problemática de inundaciones y el cambio climático, que sobre la contaminación hídrica que limita los usos del agua y causa costosos problemas de salud pública, así como la pérdida de valiosos servicios ambientales cuya existencia y significado económico se desconoce por la mayoría de las personas (Ordoñez, 2016).

5.3. MARCO CONCEPTUAL

- **La Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico**, se define como un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (Minambiente, 2020).
- **El Agua Potable**, es un recurso vital para los seres humanos, la Constitución Política de Colombia en su artículo 79 establece que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que es deber del Estado y de los particulares el de proteger las riquezas naturales, la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica de la Nación”. La Ley 99 de 1993 describe entre sus principios generales que “Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial” (Barón, 2022, pág. 16).
- **Los Embalses Naturales**, son representaciones de sistemas lénticos, presentando una importancia ecológica como zonas de amortiguamiento de niveles de aguas altas, funcionan también como lugares de refugio para especies migratorias y poseen una alta productividad biológica ya que tienen disposición de nutrientes durante épocas de lluvia. Pero aun así son sistemas que son perjudicados por la variabilidad climática que se presenta a lo largo del año con las estacionalidades de invierno y veranos (Sánchez, 2010 citado por Barriga 2019, pág. 16).
- **Captación de Aguas**, punto de origen del agua que se usara posteriormente para el abastecimiento, también conocida como cosecha o crianza de agua, se puede realizar por medio de diferentes prácticas, como captar agua lluvia o niebla hasta obtener agua subterránea entre otras (Díaz & Franco, 2020, pág. 11).
- **Concesión de aguas superficiales**, es la forma de conseguir el derecho de hacer uso de las aguas que se encuentran en la superficie o al exterior de la tierra, este uso puede ser para abastecimiento doméstico, uso industrial, generación hidroeléctrica, acuicultura y pesca, entre otros (Díaz & Franco, 2020, pág. 11).
- **Agua cruda**, es el agua que se encuentra en el ambiente (lluvia, superficial, subterránea, océanos, etc.) que no ha sido sometida a ningún tipo de tratamiento ni modificación en su estado natural (Sierra, 2011 citado por Cortes & Mora, 2015, pág. 24).

- **La calidad del agua**, de acuerdo con la OMS y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos (Baeza, 2016, pág. 2).
- **La caracterización de aguas**, es un proceso mediante el cual se definen y clasifican los distintos elementos en el agua. Mediante esta caracterización se puede determinar si el agua es apta para su uso, ya sea en cultivos, limpieza, u otros. E incluso si es apta para consumir para los seres humanos o para los animales (Engeikos, 2021).
- **El Tratamiento convencional**, son procesos de tratamiento bien conocidos y utilizados en la práctica. Generalmente se refiere a procesos de tratamiento primario o secundario. Se excluyen los procesos de tratamiento terciario o avanzado (Minvivienda, 2021).
- **La potabilización del agua**, consiste en someter este recurso a un proceso de tratamiento a través del cual el agua se convierte en apta para el consumo humano. Basta un dato para entender la importancia de una tecnología que permite, con toda tranquilidad, beber el agua que antes no era apta para el consumo humano: solo el 0.4% del agua de la Tierra es potable sin ningún tratamiento, de forma natural (BBVA, 2022).
- **El agua superficial**, es aquella que corre por cauces o se mantiene en embalses sobre la superficie del planeta. En un territorio particular, el agua superficial proviene fundamentalmente de la precipitación, aunque en algunos casos se le suma la de ríos que viajan desde otras regiones. Sin embargo, al agua superficial se pierde debido a que el líquido se evapora de sus cauces y embalses, se transpira a través de las hojas de la vegetación, o simplemente sale por la vía fluvial. El agua que queda después de las pérdidas es lo que se llama “agua disponible”, y que circula por los ríos y puede depositarse en otros cuerpos de agua, presas y bordos, infiltrarse en los acuíferos o vaciarse en las zonas marinas (Cruz, 2018).

5.4. MARCO LEGAL

El marco legal que rige en el presente proyecto establece un conjunto integral de leyes y reglamentos destinados a regular y garantizar la calidad del agua, así como a orientar la implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento de agua. Estas normativas no solo aseguran que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares de calidad establecidos por las autoridades sanitarias, sino que también proporcionan directrices claras para la adopción de tecnologías de tratamiento que sean eficientes, sostenibles y adaptadas a las necesidades específicas de cada comunidad.

Este marco legal se fundamente en principios científicos y técnicos que buscan proteger la salud pública, preservar los recursos hídricos y promover el desarrollo sostenible. Las leyes y reglamentos contemplan aspectos como la identificación y protección de fuentes de agua, el monitoreo continuo de la calidad del agua, la gestión de residuos generados en el proceso de tratamiento y la capacitación de personal encargado de operar y mantener los sistemas de tratamiento.

Cabe resaltar, que la siguiente tabla tiene como prioridad la jerarquía de las normas.

La pirámide kelseniana representa gráficamente la idea de sistema jurídico escalonado. De acuerdo con Kelsen, el sistema no es otra cosa que la forma en que se relacionan un conjunto de normas jurídicas y la principal forma de relacionarse éstas, dentro de un sistema, es sobre la base del principio de jerarquía. (El Imperio del derecho).

Tabla 3. Normatividad

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Artículo 356	Los recursos del Sistema General de Participaciones de los departamentos, distritos y municipios se destinarán a la financiación de los servicios a su cargo, dándoles prioridad al servicio de salud, los servicios de educación, preescolar, primaria, secundaria y media, y servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico , garantizando la prestación y la ampliación de coberturas con énfasis en la población pobre (Función Pública, 1991).
--	---

LEY 142 DE 1994	“Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones” (Función Pública, 1994).
DECRETO 1575 DE 2007	“Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano” (Función Pública, 2007).
RESOLUCIÓN 2115 DE 2007	“Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano” (Minvivienda, 2007).
RESOLUCIÓN 0330 DE 2017	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009” (Minvivienda, 2017).
RESOLUCIÓN 0844 DE 2018	Por la cual se establecen los requisitos técnicos para los proyectos de agua y saneamiento básico de zonas rurales que se adelanten bajo los esquemas diferenciales definidos en el capítulo 1, del título 7, de la parte 3, del libro 2 del Decreto 1077 de 2015 (Minvivienda, 2018).
RESOLUCIÓN 799 DE 2021	“Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS” (Minvivienda, 2021).

RESOLUCIÓN 172 DE 2022	“Por la cual se autorizan los laboratorios para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos de agua para el consumo humano” (Minsalud, 2022)
NTC-ISO 5667-3:2004	“Suministra directrices generales sobre las precauciones que se deben tomar para preservar y transportar muestras de agua, con excepción de las muestras microbiológicas” (icontec, 2004).
NTC-ISO 5667-6:1996	“Establece los principios a ser aplicados para el diseño de programas de muestreo, técnicas de muestreo y al manejo de muestras de agua de ríos y corrientes para valoración física, química y microbiológica” (icontec, 1996).

Nota. En la tabla se puede observar las diferentes normas que se acogen de acorde al proyecto. Elaboración propia.

5.5. MARCO GEOGRAFICO

5.5.1. Reseña Histórica

La siguiente información sobre la historia del municipio de Ricaurte fue recopilada de la Agenda Ambiental 2022-2023 del Sistema de Gestión Ambiental – SIGAM

Fecha de fundación: 4 de diciembre de 1857

La historia del municipio de Ricaurte está vinculada a la evolución histórica del municipio de Girardot, pues Ricaurte fue, en un principio, corregimiento de Girardot. Aunque la región estuvo habitada por el pueblo indígena de los Panches en tiempos antes de la conquista, el municipio nace como un asentamiento en la orilla del Río Magdalena en las proximidades de Girardot, denominándose inicialmente como corregimiento de "Peñalisa", jurisdicción del distrito de Girardot. Con la caída del sector agroindustrial de Girardot, la nueva dinámica económica de la región en la actividad turística, y la construcción de la nueva vía desde Bogotá hasta Girardot, se favoreció en gran medida el corregimiento, que tuvo un auge con la construcción de parajes sobre la vía y lugares de alojamiento, hasta consolidarse como municipio en 1968 con el nombre actual. El crecimiento urbano del municipio se extiende sobre la Vía Panamericana hasta conurbarse con Girardot.

Con la caída del sector agroindustrial de Girardot, la nueva dinámica económica de la región en la actividad turística, y la construcción de la nueva vía desde Bogotá hasta Girardot, se favoreció en gran medida el corregimiento, que tuvo un auge con la construcción de parajes sobre la vía y lugares de alojamiento, hasta consolidarse como municipio en 1968 con el nombre actual. El crecimiento urbano del municipio se extiende sobre la Vía Panamericana hasta conurbarse con Girardot.

El Plan de Ordenamiento Territorial le da la categoría de municipio perteneciente al área metropolitana de Girardot en la consolidación de la ciudad región (como centro regional). El municipio estaba conformado, por los terrenos de la hacienda Peñalisa, el territorio los Manueles, Hato Sucio y la hacienda el Oval, la mayor parte de este territorio estaba dedicado a los cultivos de pasto para la ganadería, añil y en su mayoría al cultivo del tabaco. Penaliza se desarrolló como primer puerto del Alto Magdalena, los hermanos Nieto Ricaurte, fundan una fábrica de tabaco, el cual exportan y otros productos como el añil y el café, el cual era producido en Cunday y sus alrededores, lo compraban para exportarlo a través del puerto a países como Francia, Alemania e Inglaterra, siendo un puerto comercialmente privado.

Dada su descendencia de lugar el teniente Antonio Ricaurte y los hermanos Nieto Ricaurte, proceden a cambiarle el nombre, por Decreto 4 de diciembre de 1857, de la Asamblea de Cundinamarca, se dijo: “La aldea que, con el nombre de Peñalisa, se mandó a crear por ley C No. 14 de noviembre del presente año, Sobre División Territorial del Estado, se denomina Ricaurte”.

El mismo decreto le señaló límites más amplios que los anteriores, así : Los límites de la aldea Ricaurte serán el río Bogotá hasta la desembocadura en el Magdalena, aguas arriba hasta la quebrada el cangrejo y por toda esta hasta la cordillera, y por toda ésta hacia el norte hasta llegar al Boquerón de Fusagasugá ; por todo esta aguas arriba hasta su confluencia con la quebrada Malachi, Malachi aguas arriba hasta la Punta norte del cerro denominado Agua de Dios y desde éste hacia el río Bogotá por el mismo límite que divide las haciendas el Oval y Agua de Dios . Por ley C No. 13 de 21 de noviembre de 1878 se segregaron de Ricaurte los partidos denominados Hato Sucio y Manuel, agregándoles el primero a Tocaima y el segundo a Girardot. Por ley C No. 18 de 15 de diciembre de 1879, artículo 8 se restablecieron los límites de Ricaurte, alterados por la citada Ley C No. 13 de 1878. Motivado este cambio a rendir honor a su fundador, Abril Nieto Ricaurte, quien era el propietario de la aldea, que consta de la iglesia, la hacienda penaliza, la Ceiba en donde quedaba la plaza y casa de los obreros. Al morir Nieto Ricaurte, su cuerpo fue sepultado dentro de la iglesia; por Decreto Departamental No. 409 del 11 de marzo de 1968 se restableció como municipio y se nombró alcalde al señor José Tiberio Patiño (SIGAM, 2023).

El municipio de Ricaurte Cundinamarca se encuentra bajo las coordenadas geográficas de 4° 17' 20" Latitud Norte y 74° 47' 70" longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con 284 m de altura sobre el nivel del mar, y un área municipal aproximada de 125 Km² con una distancia a la capital del departamento de 142 Km.

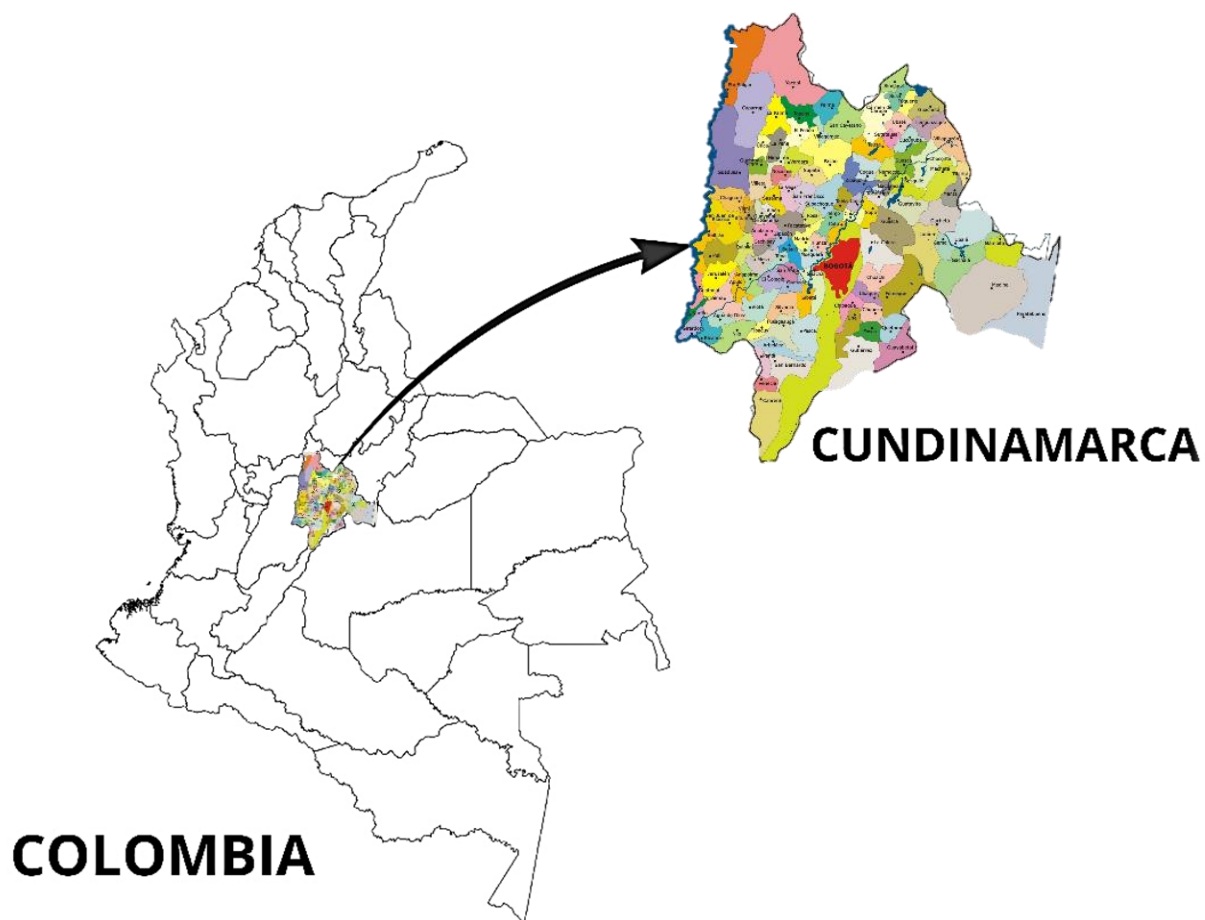
Dentro de la división general provincial del departamento de Cundinamarca el municipio de Ricaurte pertenece a la Provincia del Alto Magdalena cuya cabecera provincial se encuentra en Girardot. Además, hace parte de la jurisdicción de la CAR Alto Magdalena y se ubica al suroeste de la capital del país, por la vía que de Bogotá conduce hacia Girardot a una distancia de 142 Km

5.5.2. Georreferenciación

La georreferenciación, también conocida como geocodificación, se lleva a cabo con el objetivo de identificar de manera precisa la ubicación de un punto específico dentro de un sistema de coordenadas geográficas. Este proceso implica la asignación de coordenadas, tales como latitud y longitud, a puntos definidos en la superficie terrestre. La georreferenciación es fundamental en diversas aplicaciones, como la cartografía, la gestión de recursos naturales, el urbanismo y la navegación.

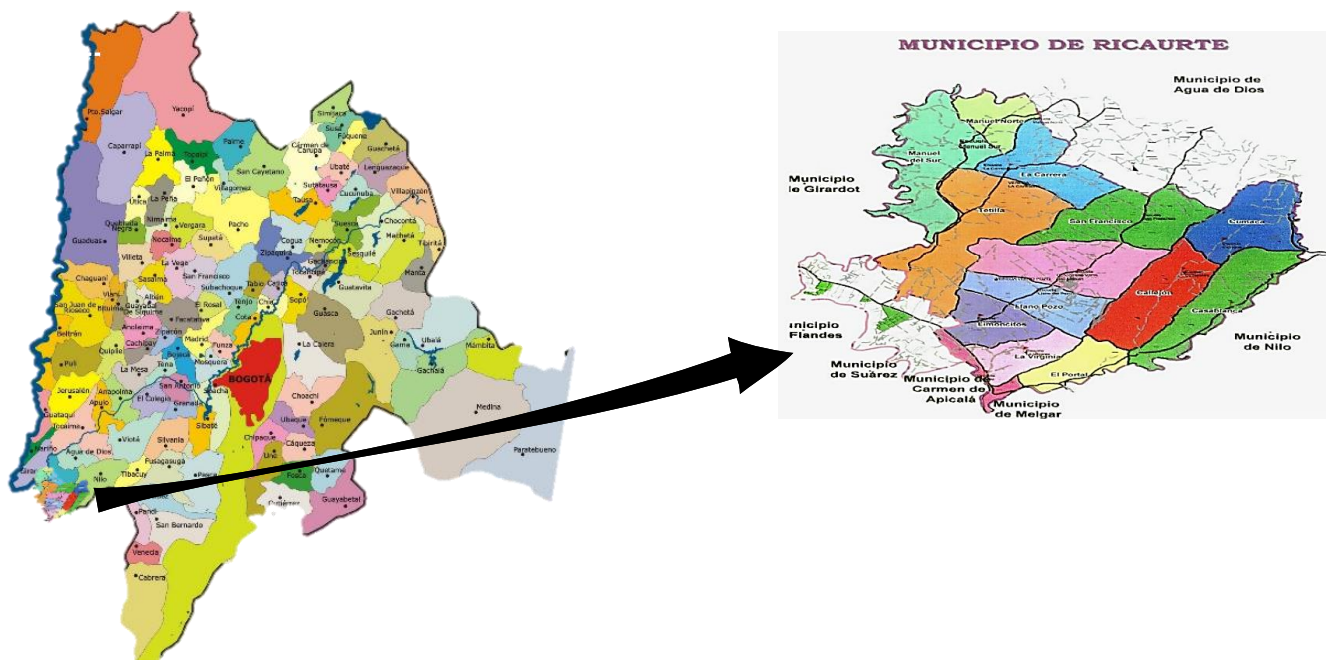
Para llevar a cabo la georreferenciación, se utilizan tecnologías avanzadas como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que permite obtener coordenadas exactas mediante la recepción de señales satelitales. Además, se puede emplear información de bases de datos geoespaciales y sistemas de información geográfica (SIG) para mejorar la precisión y la contextualización de los datos georreferenciados.

Figura 5. Del Mapa de Colombia al Departamento de Cundinamarca



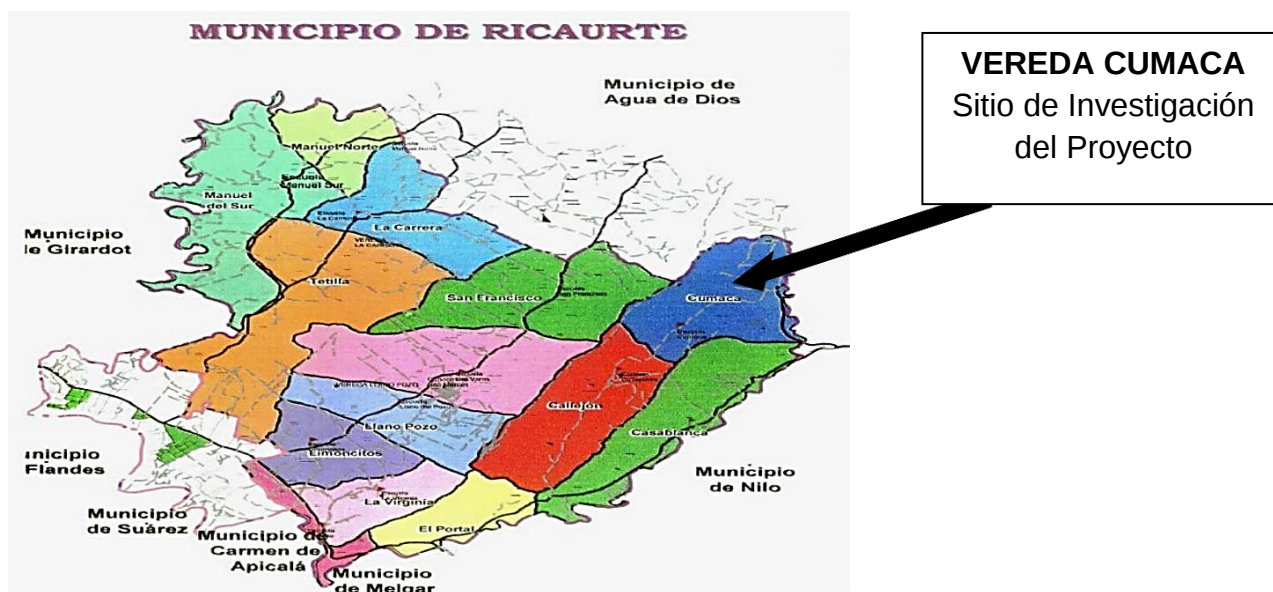
Nota. Se puede apreciar claramente la ubicación del departamento de Cundinamarca en el mapa de Colombia. Tomado de elaboración propia.

Figura 6. Del Departamento de Cundinamarca al Municipio de Ricaurte



Nota. Se puede apreciar claramente la ubicación del municipio de Ricaurte en el departamento de Cundinamarca. Tomado de elaboración propia.

Figura 7. Del Municipio de Ricaurte-Cundinamarca a la vereda Cumaca



Nota. Se puede observar el municipio de Ricaurte- Cundinamarca, donde se evidencia la vereda Cumaca. Tomado de elaboración propia.

Figura 8. De la vereda Cumaca al sitio del Proyecto



Nota. Se puede observar que una vez se ha avanzado lo suficiente por la vía terciaria de la vereda Cumaca, se llega a un punto en el que es necesario desviarse para continuar el recorrido hacia el embalse natural del Nacedero “La Esperanza”. En este punto, se debe estacionar el vehículo a un lado y emprender la caminata restante hacia el embalse. Tomado de elaboración propia.

La zona de estudio se localiza en el área rural del municipio de Ricaurte Cundinamarca sobre la cordillera oriental, la vereda donde se realiza el estudio se encuentra incluida en la (figura 8). La cota más alta de la zona de estudio esta aproximadamente a 423 m.s.n.m con una temperatura media de 23°C y la cota más baja es de 388 m.s.n.m con una temperatura media de 36°C, la precipitación varía entre 2mm - 9 mm y una humedad relativa entre 73% - 89%.

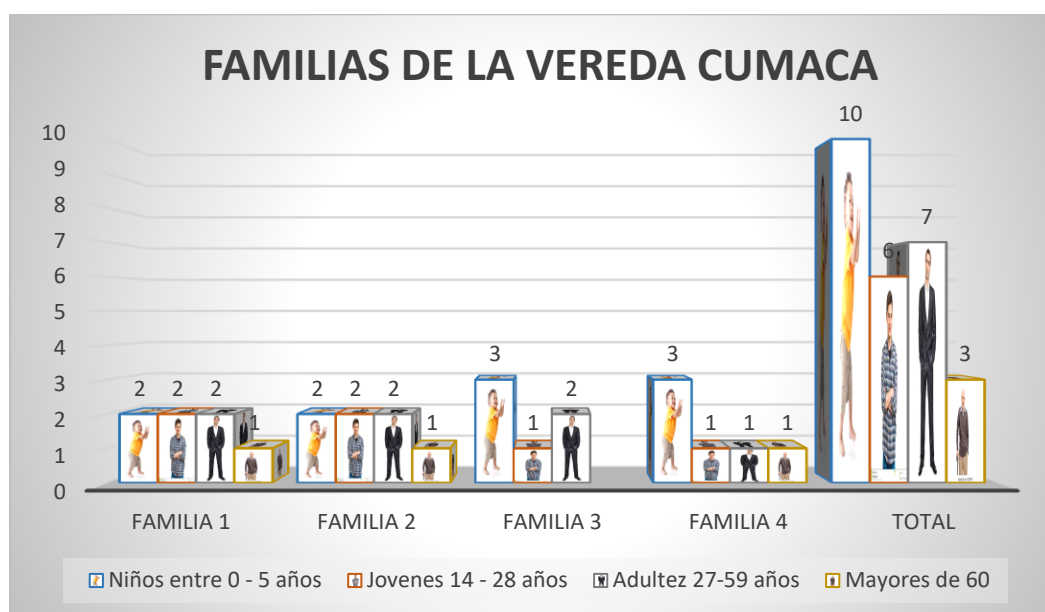
La vereda Cumaca se encuentra entre las catorce veredas de Ricaurte-Cundinamarca.

La zona rural de Ricaurte incluye catorce veredas: El Paso, La Virginia, Callejón, Cumaca, El Portal, Casablanca, San Francisco, Las Varas, Llano del Pozo, Limoncitos, La Tetilla, La Carrera, Manuel Norte y Manuel Sur. La zona urbana se compone de cuatro barrios: El Pesebre, Villa Carolina, Isla del Sol y Centro (Alcaldía Municipal de Ricaurte, Cundinamarca, 2024).

5.6. MARCO DEMOGRÁFICO

En una parte de la vereda Cumaca cuenta con 26 habitantes, allí la actividad económica principal es la agricultura (cultivos de plátano, cítrico y frutales), por otra parte, también estas familias están rodeadas de varias quebradas y nacederos, por el cual, estos habitantes se abastecen de uno de los nacederos, el nacedero que se denomina “La Esperanza”, que es aquel, que suplende las necesidades de estas familias a través de un Embalse Natural de agua proveniente del mismo.

Figura 9. Familias De La Vereda Cumaca



Nota. Se puede observar los grupos familiares y sus respectivas edades que se encuentran en la vereda Cucama. Elaboración propia.

5.6.1. Observación

El embalse natural del nacedero la esperanza cuenta con muchas especies nativas del bosque seco tropical, el cual, hace que el ambiente sea más fresco. Lo rodean otros nacederos y diversas quebradas muy cercanas. En el sitio donde está ubicado el embalse natural de agua proveniente del nacedero denominado “La Esperanza”, el clima en este lugar, es un clima tropical húmedo, sus temperaturas se mantienen entre los 20 y 26°C, debido a su abundante zona boscosa no permite que los rayos Ultravioleta (UV) se introduzcan con tanta intensidad.

6. METODOLOGÍA

6.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicó un enfoque metodológico mixto que integró la recolección de datos cuantitativos y cualitativos, según (Ortega, 2023) afirma que, “La investigación mixta es una metodología de investigación que consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa”; es por ello que se realizó con el propósito de ejecutar un análisis exhaustivo de los contaminantes presentes en el suministro de agua destinado al consumo humano en la vereda Cumaca. Esta estrategia permitió no solo cuantificar los niveles específicos de contaminantes químicos y microbiológicos, sino también comprender las percepciones, experiencias y preocupaciones de la comunidad en relación con la calidad del agua. La combinación de técnicas cuantitativas, como análisis químicos y microbiológicos, con métodos cualitativos, como entrevistas y observaciones directas, contribuyó a una evaluación más holística y detallada de la situación, proporcionando así una base sólida para la propuesta de soluciones efectivas.

6.1.1. Enfoque de la investigación

En primer lugar, se realizó un enfoque cualitativo a través de la observación directa de las características físicas del agua, como color, olor, sabor y aspecto visual. Además, se logró realizar entrevistas con miembros de la comunidad para recopilar percepciones y experiencias relacionadas con el suministro de agua y su impacto en la salud y el bienestar.

Por otro lado, se llevó a cabo un estudio cuantitativo mediante muestreos en el embalse natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza” de la vereda Cumaca, seguido de análisis físicos, químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas. Estos análisis proporcionaron datos numéricos precisos sobre los niveles de contaminantes presentes en el agua.

La combinación de estos enfoques cuantitativos y cualitativos permitió obtener una comprensión más completa de la calidad del agua del embalse natural proveniente del nacedero “La Esperanza” en la vereda Cumaca, incluyendo tanto los aspectos medibles como las percepciones y experiencias de la comunidad. Esta información integral fue fundamental para proponer tecnologías de tratamiento efectivas que abordó tanto los aspectos químicos como las preocupaciones y necesidades percibidas por los habitantes.

6.1.2. Fases de Investigación

Fase 1. Toma de Muestras

a) Actividad 1: Visita de Campo

Se llevo a cabo un estudio exhaustivo y detallado de los componentes del embalse natural del nacedero en el municipio de Ricaurte, en donde fue fundamental realizar varias visitas de campo que permitió el objetivo de reconocer e identificar los diferentes componentes del embalse natural del nacedero La Esperanza de la vereda Cumaca del municipio de Ricaurte.

b) Actividad 2: Recolección de Muestras

La recolección de muestras de agua del embalse natural del nacedero se lleva a cabo siguiendo un protocolo específico que incluye la identificación de puntos estratégicos de muestreo, el uso de equipos esterilizados para la toma de muestras y el registro detallado de la ubicación, hora y condiciones ambientales al momento de la recolección. Estas muestras son posteriormente analizadas en laboratorio para evaluar su calidad fisicoquímica y microbiológica, lo que proporciona información crucial sobre la salud y el estado del ecosistema acuático.

Según la (NTC-ISO5667-3, 2004), afirma sobre el llenado del recipiente que sería lo siguiente:

Para muestras que requieren la determinación de parámetros fisicoquímicos, llenar los recipientes completamente y taparlos en tal forma que no haya aire sobre la muestra. Esto limita la interacción con la fase del gas y la agitación durante el transporte. Los recipientes de las muestras cuyos contenidos se congelan como parte de su preservación no se deberían llenar completamente. Véase el numeral (3.2.6). (pág. 6).

Por lo tanto, esta misma norma mencionada con anterioridad a través del numeral 3.2.6, dice lo siguiente, sobre el enfriamiento o congelación de las muestras.

Se debe enfatizar en que el enfriamiento o congelación de las muestras sólo es verdaderamente efectivo si se aplica inmediatamente después de recolectar las muestras. Cuando sea posible, se requiere en cajas, enfriadoras o refrigeradores en los vehículos en el sitio de muestreo. Dondequiera que se dé una temperatura para enfriamiento, correspondiente a la temperatura del ambiente en el que está la muestra, (no la temperatura de la muestra misma). (pág. 6).

Así mismo según la (NTC-ISO 5667-6, 1996), afirma sobre los materiales que sería lo siguiente:

Los recipientes de polietileno, polipropileno, policarbonato y vidrio son apropiados para la mayoría de las situaciones de muestreo, pero las botellas de vidrio tienen la ventaja de que facilitan la observación de la condición de su superficie interna y se pueden esterilizar antes de uso en situaciones de muestreo microbiológico. (pág. 4).

c) Actividad 3: Impacto Humano

Se investigó sobre las posibles fuentes de contaminación o alteraciones causadas por actividades humanas cercanas al sitio, es decir información por parte de las viviendas aledañas al embalse natural de agua proveniente del nacedero.

Fase 2. Caracterización

Para la caracterización del agua, es fundamental considerar las normas y regulaciones pertinentes que rigen este proceso para el análisis detallado de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Estas normas aseguran que los análisis realizados sean confiables, reproducibles y comparables, lo que es crucial tanto para la investigación científica como para el cumplimiento de regulaciones ambientales y de salud pública.

a) Actividad 1: Se realizó el respectivo diagnóstico y análisis de la calidad del agua del embalse natural del nacedero la Esperanza en la vereda Cumaca, siguiendo lo establecido en la Resolución 2115 de 2007.

Según la (RESOLUCIÓN 2115, 2007, pág. 2) afirma que, en el **ARTÍCULO 2º.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**. El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que se señalan a continuación:

Tabla 4. 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

Nota. En la tabla se pueden observar los parámetros que deben cumplirse para que el agua sea considerada apta para consumo humano. Tomado de la Resolución 2115 de 2007.
https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf.

De igual manera, en los siguientes artículos de la Resolución 2115 de 2007, como en el artículo 3° se menciona la conductividad, en el artículo 4° se trata el potencial de hidrógeno, se continúa mencionando sobre los valores máximos de las características físicas que debe tener el agua para ser apta para el consumo humano.

“ARTÍCULO 3°.- CONDUCTIVIDAD. El valor máximo aceptable para la conductividad puede ser hasta 1000 microsiemens/cm” (pág. 3).

“ARTÍCULO 4°. - POTENCIAL DE HIDRÓGENO. El valor para el potencial de hidrógeno pH del agua para consumo humano, deberá estar comprendido entre 6,5 y 9,0” (pág. 3).

Por otra parte, la Resolución 2115 de 2007, en el artículo 5° se abordan las características químicas de sustancias que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, en el artículo 6°.- características químicas de sustancias que tienen implicaciones sobre la salud humana y en el artículo 7°.- características químicas que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana, se continúa mencionando sobre los valores máximos de las características químicas que debe tener el agua para ser apta para el consumo humano.

ARTÍCULO 5°.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN RECONOCIDO EFECTO ADVERSO EN LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano de los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias que al sobrepasar los valores máximos aceptables tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, deben enmarcarse en los valores máximos aceptables que se señalan a continuación:

Tabla 5. Características Químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

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

Nota. En la tabla se pueden observar los parámetros que deben cumplirse para que el agua sea considerada apta para consumo humano. Tomado de la Resolución 2115 de 2007. https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf

ARTÍCULO 6º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE SUSTANCIAS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana se señalan en el siguiente cuadro:

Tabla 6. Características Químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Nota. En la tabla se pueden observar los parámetros que deben cumplirse para que el agua sea considerada apta para consumo humano. Tomado de la Resolución 2115 de 2007. https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf

ARTÍCULO 7º.- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS QUE TIENEN CONSECUENCIAS ECONÓMICAS E INDIRECTAS SOBRE LA SALUD HUMANA. Las características químicas del agua para consumo humano en relación con los elementos y compuestos químicos que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud se señalan a continuación:

Tabla 7. Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Nota. En la tabla se pueden observar los parámetros que deben cumplirse para que el agua sea considerada apta para consumo humano. Tomado de la Resolución 2115 de 2007. https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf.

Fase 3. Tecnología de Tratamiento

Se propuso la respectiva tecnología, para el tratamiento del agua del nacedero la esperanza en la vereda Cumaca, con base en lo establecido en la Resolución 799 del 2021, en la sección 3 sobre las Tecnologías y procesos unitarios de tratamiento.

ARTICULO 109. Tipos y procesos unitarios de potabilización. Para aguas provenientes de fuentes de abastecimiento superficiales o subterráneas, las opciones de selección de los procesos unitarios que se van a diseñar, construir y operar, deben tener en cuenta los contaminantes presentes en ellas. Se deberá estudiar y evaluar la configuración del tren de procesos seleccionado para garantizar los estándares de calidad de agua para consumo humano, según la normativa vigente con las más altas eficiencias operativas, de acuerdo a las tecnologías planteadas (Resolución 799, 2021, pág. 65).

Tabla 8. Tecnologías de Tratamiento de Potabilización

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER												
	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodialisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción
Características físicas												
Color aparente		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
Bario				X					X	X	X	
Cadmio		X	X	X					X	X	X	X
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
Hierro	X	X	X	X	X						X	X
Manganeso	X	X	X	X	X						X	X
Mercurio				X					X	X		
Molibdénio												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

Nota. En la tabla se muestra cómo, a través de distintas características y el tipo de contaminante a eliminar, es posible identificar tecnologías de tratamiento adecuadas. Tomado de la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119747&dt=S>

7. RECURSOS

El presente trabajo se llevó a cabo mediante la conformación de un grupo de trabajo que implicó la colaboración tanto interna como externa de la universidad para llevar a cabo este proceso de investigación. Este equipo multidisciplinario, compuesto tanto por expertos como apoyo o asistencia de inexpertos en el área, permitió abordar el proyecto de manera integral y eficiente, con el fin de implementar una alternativa de tratamiento frente a una necesidad crítica identificada en una zona rural del municipio de Ricaurte, Cundinamarca, con el fin de lograr alcanzar el objetivo propuesto para ello, se tuvieron en cuenta las normas vigentes colombianas referentes a la caracterización del agua y a la propuesta de tecnología de tratamiento.

Tabla 9. Recurso Humano

RECURSOS HUMANOS	
Grupo de Trabajo	Colaboración
Jhon David Salguero Anzola	Autor
Ing. Jesús Flaminio Ospitia Prada	Tutor
Carmen Adriana López Murcia	Laboratorista
Briyith Carolina Jiménez Cruz	Apoyo
Comunidad de Cumaca	Información

Nota. En la tabla se puede observar el grupo de trabajo que colaboro con la realización del proyecto de investigación. Tomado de elaboración propia.

Tabla 10. Recurso Técnico

Además, es imprescindible destacar los equipos y herramientas empleadas que facilitaron la elaboración y desarrollo del presente trabajo de grado.

RECURSOS TECNICOS		
Categoría	Requerimiento	Descripción
Equipo	Computador	LAPTOP-N8257A0T, con procesador de 12th Gen Intel(R) Core (TM) i5-12450H 2.00 GHz, con una RAM instalada de 24,0 GB (23,7 GB usable) y con edición de Windows 11 Home Single Language

	Celular	Tamaño de pantalla 6,6", con memoria RAM de 8 GB, con cámara de 50 MP + 12 MP + 5 MP, con conectividad de 5G, memoria interna de 256 GB y con un procesador de Octa-core a 2,75GHz
Software	Microsoft Word	Office 365
	Microsoft Excel	Office 365
	Google Maps	Versión actualizada
Medio de transporte	Moto	Cilindraje 125 C.C, motor CGR 4T OHV, color rojo, encendido CDI, potencia 10 HP @ 8000 RPM

Nota. En la tabla se puede observar aquellos recursos técnicos que fueron de gran importancia para la realización del proyecto de investigación. Tomado de Elaboración propia.

Es importante destacar que, además de los recursos principales, se utilizaron diversos materiales y herramientas que desempeñaron un papel crucial en el desarrollo de este proyecto. Entre los materiales, se incluyeron libros para obtener información adicional sobre teorías y conceptos relevantes, así como cuadernos y lapiceros para tomar notas durante las inspecciones en el lugar.

La energía consumida por los aparatos electrónicos empleados en el proyecto también fue un recurso vital. Además, se utilizaron diversas herramientas y elementos de protección personal esenciales, aunque a menudo pasados por alto. Por ejemplo, se utilizó un machete para limpiar el área de acceso al embalse natural, dado que la zona es boscosa.

Por otro lado, se emplearon botas de caucho para protegerse de posibles picaduras de animales, y se usaron gorras y camisas de manga larga para protegerse del sol intenso y los mosquitos presentes en el área. Estos elementos, aunque aparentemente simples, fueron fundamentales para asegurar la eficacia y seguridad durante el desarrollo del proyecto.

8. DESARROLLO DEL PROYECTO

8.1. FASE 1. TOMA DE MUESTRAS

Cabe resaltar que la muestra extraída del embalse natural del nacedero se realizó mediante el muestreo manual, que esto se hace cuando se puede acceder al lugar de manera sencilla, como lo resalta según (Instituto Nacional de Salud, 2011, pág. 28), “se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso o aquellos que por medio de ciertas adaptaciones puedan facilitar la toma de muestras”.

8.1.1. Visita de Campo

Con las visitas de campo que se ejecutaron, se llevó a cabo, un proceso metódico de observación y análisis.

En primer lugar, se identificó la fuente principal de agua que alimenta a este embalse natural, como lo es un manantial, según (Perez, 2018), afirma que, “los manantiales son la fuente de aguas subterráneas con más fácil acceso, en cuanto a su captación y aprovechamiento”. Es decir, es una corriente de agua que proviene de una fuente de entre las rocas y que emerge a la superficie.

Para la investigación realizada, se determinó que el embalse natural de agua proveniente del nacedero proviene de una montaña ubicada en la vereda Cumaca. Esta montaña actúa como fuente del agua, la cual fluye por gravedad hacia el sitio del embalse natural. Es importante destacar que, en el marco de la investigación, no se contaba con detalles precisos sobre la longitud que recorre el agua desde la montaña que se encuentra el nacedero hasta el punto específico del embalse natural.

Por otra parte, no se logró recopilar información de evidencias fotográficas del ojo del agua puesto que, el lugar es muy montañoso y presenta muchas dificultades para llegar hasta el punto del ojo de agua.

En segundo término, se procedió a la observación minuciosa y al registro exhaustivo de la diversidad de especies vegetales y animales que habitan en el entorno acuático como caracol, igua, ceiba, gualanday, teca y ocobo. Este enfoque se fundamenta en el reconocimiento de que dichos organismos desempeñan un papel crucial como bioindicadores, brindando valiosa información sobre el estado de salud y equilibrio del ecosistema acuático en cuestión.

Anexo 1. Embalse Natural del Nacedero la Esperanza



Nota. Embalse Natural del Nacedero La Esperanza lugar de donde los habitantes de la vereda Cumaca captan el agua. Tomado de Elaboración propia.

Anexo 2. Fauna y Flora del Embalse Natural del Nacedero la Esperanza



Nota. Es posible realizar observaciones detalladas de la biodiversidad y el entorno natural circundante al nacedero. Tomado de Elaboración propia.

Anexo 3. Estado del Embalse Natural del Nacedero la Esperanza



Nota. El embalse natural del nacedero presenta signos de mantenimiento deficiente, evidenciado por la acumulación significativa de hojarasca. Tomado de Elaboración propia.

8.1.2. Recolección de Muestras

A través del laboratorio, ubicado en el municipio de Girardot Cundinamarca, se inició el procedimiento para llevar a cabo el análisis del agua embalse natural del nacedero, siguiendo las normativas **NTC-ISO 5667-3** y **NTC-ISO 5667-6**. Estas normas proporcionaron los lineamientos para la toma de muestras de agua, con el fin de realizar análisis **físicoquímicos** y **microbiológicos** pertinentes.

La recolección de muestras de agua es un proceso fundamental para el análisis de su calidad. Se debe seguir las normativas mencionadas anteriormente de manera estricta para garantizar la representatividad y fiabilidad de los resultados.

El laboratorio proporcionó los recipientes necesarios para la toma de muestras de agua, garantizando que cumplieran con los estándares de limpieza y esterilidad requeridos para evitar la contaminación de las muestras. Además, facilitó una nevera de poliestireno expandido “icopor”, con dos pilas de hielo, para asegurar la conservación adecuada de las muestras, manteniendo su integridad física y química durante el transporte al laboratorio para su posterior

análisis. Este cuidadoso manejo de las muestras es fundamental para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados.

Anexo 4. Envases para la recolección de muestras Vidrio y Plástico



Nota. Envases para la recolección de muestras de agua tanto para el análisis físico químico como para el análisis microbiológico en el embalse natural del nacedero la esperanza. Tomado de Elaboración propia.

Los envases proporcionados por el laboratorio, para la recolección de muestras de agua en el embalse natural del nacedero La Esperanza, fueron seleccionados en función de las características específicas de las normas **NTC-ISO 5667-3** y **NTC-ISO 5667-6**. Para el análisis **fisicoquímico**, se utilizó el envase plástico estéril y libre de contaminantes, que garantizó la preservación de las propiedades químicas del agua sin alteraciones.

Por otro lado, para el análisis **microbiológico**, se empleó el envase de vidrio estéril que cumplió con los estándares de calidad requeridos para preservar la integridad de las muestras y evitar la contaminación biológica durante la recolección y el transporte.

Anexo 5. Neveras de Icopor y Pilas de Hielo



Nota. Nevera de Icopor y Pilas de hielos para conservar el estado de las muestras. Tomado de Elaboración propia.

En consecuencia, utilizando los materiales previamente mencionados, se procedió a la toma de muestras el día 2 de noviembre del 2022 a las 8:23 am, siguiendo las especificaciones requeridas para cada análisis, como se evidencia en el anexo 6, el acta de toma de muestras de agua cruda.

Anexo 6. Acta de toma de muestras de agua cruda

ACTA TOMA DE MUESTRAS DE AGUA CRUDA						AGUASLAB	
Codigo: GTM-FR-007		Version: 00		Fecha formato: 02/01/2020			
CLIENTE: BRIYITH CAROLINA JIMENEZ CRUZ		NIT: 1003483170					
DIRECCION: Vereda Cumaca Ricaurte		CIUDAD: Ricaurte - Cundinamarca					
DIRIGIDO A: Briyith Carolina Jimenez		CARGO: Contacto					
MUESTREO POR: <u>Thon David Salgado Ariza</u>		FECHA: <u>02/11/2022</u>		TELEFONO: 3232891757			
ACTA	LUGAR DEL MUESTREO	HORA	FUENTE	pH In situ	LOTE BOT.	C* Receptor	
	<u>Vereda Cumaca Ricaurte - Cundinamarca</u>	<u>8:23am</u>	<u>Nacedero</u>				
OBSERVACIONES:							
Calle 21 No 12-26 B/Sucre - Tel 835 2223 - Cels: 3132100359 316233 7841 Girardot - C/mareq - Email: contacto@aguaslab.co							

Nota. Se evidencia el momento en el cual se hicieron las tomas de muestras en el embalse natural del nacedero La Esperanza en la vereda Cumaca. Tomado de Elaboración propia.

Para la recolección de la muestra destinada al análisis fisicoquímico, se empleó un recipiente plástico específico conforme se detalla en el anexo 7. Este proceso incluyó varios pasos críticos para asegurar la integridad y precisión de la muestra. Inicialmente, el recipiente fue enjuagado en dos ocasiones con agua proveniente del nacedero, con el objetivo de acondicionar el contenedor y eliminar posibles contaminantes residuales.

Posteriormente, se prestó especial atención a la eliminación de cualquier burbuja de aire dentro del recipiente antes de proceder a llenarlo completamente. Este paso es fundamental, ya que la presencia de aire puede alterar las propiedades fisicoquímicas del agua y, por ende, afectar la exactitud del análisis. Al garantizar un llenado libre de burbujas, se minimiza el margen de error y se asegura que las mediciones reflejen de manera precisa las condiciones del agua en su estado natural.

Anexo 7. Recolección de las muestras con el envase plástico



Nota. Se evidencia el uso de equipo de protección personal, específicamente guantes, durante la manipulación de los envases para la correcta ejecución de los protocolos establecidos en la obtención de muestras de agua en el embalse natural. Tomado de Elaboración propia.

Así mismo, se procedió a la recolección de la muestra destinada al análisis microbiológico, utilizando un recipiente de vidrio, conforme se ilustra en el *anexo 8*. Durante esta operación, se ejerció una precaución extrema al abrir el envase para evitar cualquier contacto con la boquilla, lo cual es fundamental para prevenir la contaminación de la muestra.

El procedimiento de llenado del recipiente se llevó a cabo con precisión, asegurándose de alcanzar el nivel específico establecido en las directrices. Estas directrices no solo garantizan que la muestra sea representativa del agua a analizar, sino que también minimizan los riesgos de introducir contaminantes externos que puedan afectar los resultados del análisis microbiológico.

Cada paso, desde la apertura del envase hasta el llenado y cierre del recipiente, fue ejecutado con meticulosidad, siguiendo protocolos estrictos para asegurar la integridad y validez de la muestra, permitiendo así obtener resultados confiables y precisos en el laboratorio.

Anexo 8. Recolección de las muestras con el envase de vidrio



Nota. Se escogió el envase de vidrio para realizar la toma de muestra del agua cumpliendo con la **NTC-ISO 5667-3** y **NTC-ISO 5667-6**. Tomado de Elaboración propia

Una vez obtenidas las dos muestras mencionadas anteriormente, se procedió a colocarlas cuidadosamente dentro de una nevera de icopor, siguiendo el procedimiento ilustrado en el anexo 9. Para preservar adecuadamente el estado de las muestras durante el transporte, se dispusieron estratégicamente pilas de hielo alrededor de las mismas en la nevera. Este paso es crucial para mantener la integridad de las muestras y prevenir cualquier alteración en sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.

Con las muestras adecuadamente preparadas y protegidas, se procedió a su traslado al laboratorio. En este entorno controlado, se llevaron a cabo los distintos análisis requeridos para su evaluación y estudio. Los análisis incluyeron pruebas fisicoquímicas, que permiten determinar parámetros como el pH, la conductividad, la presencia de metales pesados y otros contaminantes; y pruebas microbiológicas, que buscan identificar y cuantificar microorganismos patógenos potencialmente presentes en el agua.

Estos procedimientos analíticos se llevaron a cabo siguiendo estrictos protocolos de calidad y normas técnicas, asegurando que los resultados obtenidos sean confiables y representativos de la condición real del agua en el momento de la recolección. Así, se puede garantizar una evaluación precisa y comprensiva del estado del agua, fundamentando cualquier intervención necesaria para mejorar su calidad y asegurar su seguridad para el consumo humano.

Anexo 9. Transporte de pilas de hielo alrededor de las muestras en la nevera de icopor



Nota. Este método garantiza que las condiciones de temperatura se mantuvieran estables y óptimas para la conservación de las muestras hasta la llegada del laboratorio. Tomado de Elaboración propia.

8.2. FASE 2. CARACTERIZACIÓN

El reporte de los resultados del análisis del agua cruda del embalse natural proveniente del nacedero “La Esperanza” de la vereda Cumaca, realizado por el laboratorio, abarca un detallado estudio **fisicoquímico** y **microbiológico**. En el análisis **fisicoquímico**, se llevaron a cabo mediciones y evaluaciones de parámetros fundamentales para la caracterización del agua cruda, incluyendo la determinación del color aparente, la turbiedad, los niveles de cloruros, sulfatos, fosfatos, manganeso, nitritos, hierro total, alcalinidad total, dureza total, conductividad y nitratos. Cada uno de estos parámetros proporciona información valiosa sobre la composición química y las propiedades físicas del agua en cuestión.

Por otro lado, en lo que respecta al análisis **microbiológico**, se realizó una evaluación exhaustiva de la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal. Específicamente, se examinaron los niveles de **Coliformes Totales** y **Escherichia Coli** presentes en el agua cruda. Estos indicadores son cruciales para determinar la calidad microbiológica del agua y su idoneidad para el consumo humano y otros usos específicos.

La combinación de los resultados **fisicoquímicos** y **microbiológicos** proporciona una visión integral y detallada de la calidad del agua cruda del embalse natural proveniente del nacedero “La Esperanza” de la vereda Cumaca, permitiendo tomar decisiones informadas sobre su tratamiento y uso adecuado en función de las normativas y estándares establecidos.

Anexo 10. Reporte de Resultados del Laboratorio

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. 2022 - 3315

Girardot Noviembre 08 de 2022

DATOS DEL CLIENTE			
MUNICIPIO	: Ricaurte - Guandianes	MET:	: 1003483170
ENTIDAD	: RALYTH CAROLINA JIMENEZ CRUZ		
DIRECCIÓN	: Veneda Cumea Ricaurte	TELÉFONO	: 3232891757
DIRECTO A	: Brynith Caroline Jimenez	CARDO	: Contacto

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA	: AGUA CRUDA	FUENTE	: Nacedero
LUGAR DE TOMA	: Nacedero vereda Cumea Ricaurte Guandianes	HORA	: 8:23 AM
FECHA DE TOMA	: Noviembre 2 de 2022	Congo	: Operario Laboratorio
RECOLECTADA POR	: Jhara Solguero	HORA	: 10:25 AM
FECHA DE RECIBIDO	: Noviembre 2 de 2022		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO				
PARÁMETROS ANALIZADOS	FECHA DE ANÁLISIS	METODO ANALÍTICO	UNIDADES	RESULTADOS
PH	21/10/22	Electrométrico	UNIDADES	6,7
COLORES APARENTE	21/10/22	Espectrofotométrico	UPC	3
TURBIDEZ	21/10/22	Nefelométrico	NTU	1,4
CLORIDOS	21/10/22	Turbidimétrico	mg/L Cl	5
SULFATOS	21/10/22	Turbidimétrico	mg/L SO4	56
FOSFATOS	21/10/22	Colorimétrico	mg/L PO4	2,13
MANGANESO	21/10/22	Espectrofotométrico	mg/L Mn	0,100
NITRITOS	21/10/22	Dialométrico	mg/L NO2	0,000
NIÓBIO TOTAL	21/10/22	Dialométrico	mg/L Fe	0,10
ALCALINIDAD TOTAL	21/10/22	Turbidimétrico	mg/L CaCO3	45
PUREZA TOTAL	21/10/22	Turbidimétrico	mg/L CaCO3	30
CONDUCTIVIDAD	21/10/22	Resistométrico	mg/L S/m	157
NITRATOS	21/10/22	Catalométrico	mg/L NO3	2,0

RESULTADO BACTERIOLÓGICO			
COLIFORMES TOTALES	02/11/2022	H.M.P. / 100 ml	NMP/100 ml 12200
ESCHERICHIA COLI	02/11/2022	H.M.P. / 100 ml	NMP/100 ml 10

-- Valores de Referencia para agua destinados al consumo humano.

Elaboró: Laura García



TARMEN ADRIANA LOPEZ MURCIA
Bacteriología
Reg: 3300375



EDILBERTO BARRAGAN
Bacteriología
Reg: 071803 CII 21 No. 12 - 26 B/ Sucre * Girardot

Nota. Se puede observar los resultados analizados por el laboratorio. Tomado de Elaboración propia.

De acuerdo con el reporte de resultados proporcionado por el laboratorio, se pueden observar las características del agua del embalse natural proveniente del nacedero "La Esperanza," la cual está siendo utilizada para consumo humano. La Resolución 2115 de 2007 establece las especificaciones que el agua destinada para el consumo humano debe cumplir, así como los requisitos, equipos y frecuencias para el monitoreo y control de su calidad.

Esta resolución define los parámetros de calidad del agua, incluyendo niveles aceptables de contaminantes y estándares de pureza. Además, estipula las metodologías y tecnologías que deben emplearse para evaluar y asegurar la calidad del agua, así como la periodicidad con la que se deben realizar estos controles para garantizar la seguridad y salubridad del recurso hídrico destinado al consumo humano.

Como resultado, se han confeccionado dos tablas detalladas que incluyen los parámetros analizados por el laboratorio. La primera tabla abarca los resultados fisicoquímicos y la segunda los resultados microbiológicos. Estas tablas tienen como objetivo verificar si los valores obtenidos cumplen con los estándares establecidos en la Resolución 2115 de 2007.

Tabla 11. Análisis de Resultados Fisicoquímicos bajo la Resolución 2115 de 2007

						
RESULTADO FISICO-QUIMICO						
Parámetros Analizados	Fecha De Análisis	Método Analítico	Unidades	Resultados	Valor Máximo Aceptable	Análisis
pH	2/11/2022	Electrométrico	Unidades	6.7	6.5 a 9.5	Cumple
Color Aparente	2/11/2022	Espectrofotométrico	UPC	8	15	Cumple
Turbiedad	2/11/2022	Nefelométrico	UNT	1.4	2	Cumple
Cloruros	2/11/2022	Titulométrico	mg/LCl	6	250	Cumple
Sulfatos	2/11/2022	Titulométrico	mg/LSO ₄	56	250	Cumple
Fosfatos	2/11/2022	Colorimétrico	mg/LPO ₄	0.13	0.5	Cumple
Manganeso	2/11/2022	Espectrofotométrico	mg/LMn	0.1	0.1	No Cumple
Nitritos	2/11/2022	Colorimétrico	mg/LNO ₂	0.002	0.1	Cumple
Hierro Total	2/11/2022	Colorimétrico	mg/LFe	0.18	0.3	Cumple
Alcalinidad Total	2/11/2022	Titulométrico	mg/LCaCO ₃	46	200	Cumple
Dureza Total	2/11/2022	Titulométrico	mg/LCaCO ₃	80	300	Cumple
Conductividad	2/11/2022	Electrométrico	mg/L S/m	167	1000	Cumple
Nitratos	2/11/2022	Colorimétrico	ml/LNO ₃	2	10	Cumple

Nota. Solo el manganeso es el que se encuentra muy alto en el límite del valor máximo aceptable. Tomado de Elaboración propia

Según la tabla de resultados fisicoquímicos, se ha observado que todos los parámetros analizados en el laboratorio, referentes al agua del embalse natural proveniente del nacedero “La Esperanza” de la vereda Cumaca, cumplen con los valores máximos establecidos por la **Resolución 2115 de 2007**, excepto en el caso del manganeso; este elemento se encuentra en el límite del valor máximo aceptable.

En este sentido, se concluye que el agua cruda del embalse natural presenta problemas para el consumo humano debido a la presencia de manganeso en niveles límites a lo permitido.

El manganeso es aportado naturalmente a las aguas superficiales y subterráneas a partir de las rocas y el suelo. El manganeso se produce principalmente en rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas, pero el Manganeso también está presente en forma de óxidos de manganeso coloidal en la mayoría de los suelos y aguas. En las rocas se encuentra

aproximadamente el 0,1% de manganeso, lo que hace que el manganeso sea el décimo elemento más abundante de la corteza terrestre (Barrera, 2017, págs. 25-26).

“El agua potable con altos niveles de manganeso puede dañar el desarrollo del cerebro en bebés y niños pequeños. Según Health Canadá, el cuerpo absorbe el manganeso con mayor facilidad a través del agua potable”. (HealthLink BC, 2019).

El manganeso es un metal que se encuentra de forma natural en el medio ambiente y puede estar presente en aguas superficiales y subterráneas, como en el caso del agua cruda del nacedero de la vereda Cumaca. Aunque el manganeso es un elemento necesario para la salud humana en pequeñas cantidades, su presencia en concentraciones elevadas en el agua puede tener efectos adversos.

Cuando el manganeso en el agua supera los niveles aceptables para consumo humano, puede generar problemas de salud, especialmente si se consume de forma prolongada. Algunos de los efectos adversos asociados con altas concentraciones de manganeso en el agua incluyen trastornos neurológicos, daños al sistema nervioso central y dificultades cognitivas.

Además de los riesgos para la salud, la presencia excesiva de manganeso en el agua también puede tener implicaciones económicas, ya que puede afectar la calidad del agua para uso doméstico, industrial y agrícola.

En resumen, la detección de niveles elevados de manganeso en el agua cruda del embalse natural indica la necesidad de tomar medidas para garantizar que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares de calidad establecidos, a fin de proteger la salud pública y prevenir posibles impactos negativos tanto para las personas como para las actividades que dependen del suministro de agua.

Por otra parte, se procedió a realizar el análisis de los resultados microbiológicos del agua arrojados por el laboratorio.

Tabla 12. Análisis de Resultados Microbiológicos bajo la Resolución 2115 de 2007

						
RESULTADO BACTERIOLOGICO						
Parámetros Analizados	Fecha De Análisis	Método Analítico	Unidades	Resultados	Valor Máximo Aceptable	Análisis
Coliformes Totales	2/11/2022	N.M.P./100ml.	NMP. /100ml	12200	0 UFC/100 cm 3	No Cumple
Escherichia Coli	2/11/2022	N.M.P./100ml.	NMP. /100ml	10	0 UFC/100 cm 3	No Cumple

Nota. Se puede observar cómo los Coliformes Totales y la Escherichia Coli no cumplen y se encuentran por encima del valor máximo aceptable establecidos por la **Resolución 2115 de 2007**. Tomado de Elaboración propia

La presencia de coliformes totales y Escherichia coli en niveles superiores a lo permitido indica la existencia de contaminación bacteriológica en el agua cruda del embalse natural, lo cual representa un riesgo para la salud humana en términos microbiológicos. Estos microorganismos son indicadores de la posible presencia de agentes patógenos en el agua que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud si se consumen.

Por lo tanto, es fundamental abordar esta situación para garantizar que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares de calidad bacteriológica requeridos, a fin de proteger la salud de la población y prevenir posibles enfermedades asociadas con la ingesta de agua contaminada.

La presencia de Escherichia coli indica contaminación fecal en agua, ya que este microorganismo es habitante normal del tracto digestivo de animales de sangre caliente y rara vez se encuentra en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal, por ello se considera como indicador universal. Este microorganismo genera una alerta a cualquier sistema de suministro de agua ya que su presencia por si sola puede generar gastroenteritis y causar la muerte como el caso de la cepa E coli O157:H7 o puede sugerir la presencia de otros microorganismos altamente patógenos como son la Salmonella, Shigella, Klebsiella, Listeria etc. (IDEAM, 2021).

Por otra parte, la identificación de Coliformes totales es más difícil ya que estos pueden provenir del suelo, y de superficies de agua dulce por lo que no siempre son intestinales.

Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se encuentran comúnmente en el medio ambiente, en suelos, aguas superficiales y en el tracto gastrointestinal de los animales. A nivel morfológico, presentan una forma de bacilo (bacteria alargada y con forma de bastón) gramnegativo, es decir, no retienen la tinción de cristal violeta en la etapa de la tinción de Gram. La apariencia de los coliformes totales al microscopio se caracteriza por su forma alargada, con una longitud cercana a las dos micras y un diámetro de aproximadamente 0,5 micras. Además, pueden presentar flagelos que les proporcionan movilidad. Estas características permiten su identificación y estudio bajo el microscopio y otros métodos de análisis microbiológico (Coinref.es).

Una vez terminado el análisis realizado a los resultados dados por el laboratorio y comparado con la resolución adecuada y predeterminada para este caso, se logró obtener que en la parte **química** el parámetro que no cumple es el manganeso, puesto que el parámetro que no cumple en los resultados **microbiológicos** son los coliformes totales y la escherichia coli, obteniendo estos datos se pasó a verificar cual es la posible propuesta de tecnología de tratamiento óptima para implementar.

8.3. FASE 3. TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO

Mediante la promulgación de la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021, se ha conseguido consolidar una tabla exhaustiva de tecnologías de tratamiento específicas para la eliminación de contaminantes. En consecuencia, en la tabla 13 se detallan diversos tipos de tecnologías que pueden ser implementadas según el contaminante particular que se desee erradicar.

Esta resolución destaca por su precisión técnica y su enfoque integral, proporcionando una guía clara para seleccionar las tecnologías de tratamiento más adecuadas. Las tecnologías descritas abarcan desde procesos físicos, como la ultrafiltración y la adsorción, hasta métodos químicos y biológicos, como la oxidación avanzada y la biodegradación. Cada tecnología es evaluada en función de su eficiencia, costo-beneficio y su impacto ambiental.

Además, la resolución incluye criterios específicos para la elección de la tecnología más apropiada, teniendo en cuenta la naturaleza y concentración del contaminante, así como las condiciones del medio afectado. Esto asegura una aplicación precisa y efectiva de las soluciones tecnológicas, optimizando los recursos disponibles y garantizando un impacto positivo en el entorno.

Por lo tanto, la tabla 13 no solo proporciona una clasificación detallada de las tecnologías de tratamiento, sino que también se pueden visualizar los diferentes tipos de tecnologías para implementar en el agua cruda del embalse natural con el fin de remover el contaminante, como lo son la tecnología de **filtración convencional** y **filtración optimizada**.

Tabla 13. Tecnología de tratamiento

TECNOLOGÍA DE TRATAMIENTO	Aeración	Coagulación + Floculación + Sedimentación	Filtración Convencional	Ablandamiento	Oxidación Química	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa	Electrodíálisis inversa	Intercambio iónico	Filtración por adsorción	Filtración optimizada
CONTAMINANTE QUE SE VA A REMOVER													
Características químicas inorgánicas													
Manganeso	X	X	X	X	X						X		X
Características microbiológicas													
Escherichia Coli			X			X	X						X

Nota. Se identificaron dos posibles tecnologías para remover el contaminante del agua en el embalse natural como lo son **la filtración convencional y la filtración optimizada**. Tomado de Elaboración propia.

8.3.1. Filtración Convencional

En el caso de que la fuente de abastecimiento de agua es una fuente de agua subterránea, el suelo a través del cual pasa ésta en el acuífero actúa como un filtro natural que remueve la mayor parte de los sedimentos suspendidos acarreados por la lluvia. Para el caso de las aguas superficiales, es necesaria la filtración convencional que puede ser efectuada como primer paso en el tratamiento o hasta después de una serie de procesos. Los métodos de filtración pueden ser a través de filtros de arena rápidos o lentos, filtros de tierras diatomáceas, filtración directa o filtración empacada.

Los procesos convencionales de filtración están precedidos por coagulación, floculación y sedimentación. Sin embargo, puede ser que el agua se someta a filtración directamente después de la coagulación y floculación y que los flóculos sean removidos directamente por los filtros. La filtración es una combinación de procesos químicos y físicos. La filtración mecánica remueve las partículas suspendidas porque las atrapa entre los granos del medio filtrante (por ejemplo, arena). La adhesión juega un papel importante dado que parte del material suspendido se adherirá a la superficie de los granos filtrantes o a material previamente depositado.

Existen diversos sistemas de filtración, como son: filtros lentos de arena, filtros de tierras diatomáceas, filtros directos, filtros empacados, filtros de membrana y filtros de cartuchos (Leal, 2022, pág. 64).

Tabla 14. Tecnologías convencionales de potabilización de agua y sus limitaciones

	Tecnología	Aplicación	Manejo	Costo	Limitantes
Filtración convencional	Filtros de arena	Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica	Sencillo	Costo bajo de inversión en infraestructura y de manejo, costo elevado de terreno	Remoción de 80-90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie
	Filtros de tierras diatomáceas	Remoción de turbiedad y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión y de manejo	Útiles en caso de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica
	Filtros de carbón activado	Remoción de materia orgánica y bacterias	Sencillo	Costo bajo de inversión, costo medio de mantenimiento	Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato

Nota. Se describe las capacidades y limitaciones de la tecnología de tratamiento con filtración convencional. Los métodos convencionales de filtración son fáciles de manejar, tienen costos moderados y una eficiencia media. Tomado de Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones de 2022. https://psa.es/es/unidades/tsa/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf.

8.3.2. Filtración Optimizada

La filtración optimizada es una tecnología avanzada utilizada en el tratamiento de aguas para mejorar la eficiencia y efectividad de la filtración convencional.

Este método implica la utilización de materiales filtrantes de alta precisión, como membranas de ultrafiltración o nanofiltración, que permiten la retención de partículas extremadamente pequeñas, incluyendo microorganismos y compuestos disueltos. Además, la filtración optimizada se puede complementar con procesos químicos, como la coagulación y floculación, que aglutinan las partículas finas, facilitando su posterior eliminación en las etapas de filtrado.

Una de las ventajas significativas de la filtración optimizada es la reducción de la cantidad de residuos generados, lo que se traduce en un menor impacto ambiental y en una disminución de los costos asociados al tratamiento de lodos. Asimismo, esta tecnología puede adaptarse

a diferentes tipos de fuentes de agua, ya sean superficiales o subterráneas, garantizando una alta calidad del agua tratada independientemente de su origen.

Además, la implementación de sistemas de filtración optimizada permite una mayor durabilidad y eficiencia operativa de las plantas de tratamiento, minimizando la necesidad de mantenimiento y reemplazo de componentes. Esto se traduce en una operación más económica y sostenible a largo plazo, beneficiando tanto a las empresas gestoras del agua como a las comunidades que dependen de este recurso esencial.

En resumen, la filtración optimizada representa una mejora significativa en las técnicas tradicionales de tratamiento de aguas, ofreciendo una solución más eficaz, eficiente y sostenible para garantizar el suministro de agua de alta calidad.

Según (Carbotecnia, 2024) afirma que, “la clasificación de las membranas de separación, de acuerdo con la abertura de sus poros”.

1. Microfiltración:

- Tamaño de Filtración: 0.1 a 1 μm
- Aplicación: Elimina partículas grandes y algunos microorganismos. Es útil para clarificar soluciones y mejorar la calidad del agua.

2. Ultrafiltración:

- Tamaño de Filtración: 0.01 a 0.1 μm
- Aplicación: Remueve macromoléculas y partículas más pequeñas que las microfiltradas. Se utiliza en la purificación de agua y en procesos industriales.

3. Nanofiltración:

- Tamaño de Filtración: 0.001 a 0.01 μm
- Aplicación: Filtra partículas aún más pequeñas, incluyendo algunos iones y moléculas orgánicas. Es efectiva para desalinizar agua y eliminar contaminantes específicos.

4. Ósmosis Inversa (Hiperfiltración):

- Tamaño de Filtración: 0.0001 a 0.001 μm
- Aplicación: Elimina casi todos los contaminantes, incluyendo sales disueltas y moléculas muy pequeñas. Es el método más avanzado y se utiliza para producir agua potable de alta pureza.

9. CONCLUSIONES

Para concluir se realizó la investigación respectiva en la vereda Cumaca en el embalse natural de agua proveniente del nacedero “La Esperanza” en donde las personas que habitan en este lugar se benefician directamente de esta agua cruda y por lo tanto se ejecutó lo siguiente:

- Toma de Muestras: Se realizó una muestra en temporada de lluvias en el cuerpo de agua ubicado en las coordenadas 4°18'47.6"N 74°41'07.2"W de la vereda Cumaca. El muestreo se llevó a cabo siguiendo rigurosamente los protocolos establecidos en las normas NTC-ISO 5667-3 y NTC-ISO 5667-6, asegurando así la obtención de muestras de agua con la calidad necesaria para el análisis confiable, estas normas proporcionan lineamientos específicos que garantizan la representatividad y la integridad de las muestras, contribuyendo a la precisión de los resultados en los estudios de la calidad del agua.
- Evaluación de la Calidad del Agua: De acuerdo con los resultados del análisis de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua realizados por el laboratorio de Girardot Cundinamarca, se contrastó conforme a la resolución 2115 del 2007 en donde se determinó, que el agua suministrada a través del embalse natural del nacedero la Esperanza, se encuentra con presencia de manganeso en niveles límites a lo permitido y de igual manera los parámetros de coliformes totales y *Escherichia coli* no cumplen con los valores máximos aceptables.
- Identificación de Tecnología: Se identificaron dos opciones de tecnologías para implementar, las cuales corresponden a filtración convencional y la de filtración optimizada de acuerdo con la Resolución 799 del 22 de diciembre de 2021, que modifica la Resolución 0330 de 2017.

10. RECOMENDACIONES

Por motivos académicos y dificultad al acceso al sitio del proyecto solo se realizó una sola toma de muestra del agua, según la norma 0330 del 2017 nos dice que, para las muestras se deben de tomar como mínimo 3 muestras puntuales en una semana, cada una en un intervalo mayor a 24 horas, en un periodo no menor a tres semanas, en el sitio de captación durante un periodo seco y de igual manera para un periodo de lluvias.

Es importante considerar que el tratamiento de agua potable es un proceso que se requiere para poder suplir y garantizar la salud de la población, cuya tecnología depende de la calidad del agua y la necesidad de cumplir con normativas ambientales y sanitarias.

Actualmente la población consume el agua sin ningún tipo de tratamiento y se identificó contenido de manganeso, el cual puede tener una posible afectación en niveles altos a los menores de edad.

El análisis de calidad del agua se realizó teniendo en cuenta los parámetros para agua potable, sin embargo, la muestra corresponde a un cuerpo de agua cruda, lo anterior debido a que, actualmente la población de estudio consume el agua directamente sin ningún tratamiento, así mismo se realiza la identificación de la tecnología de tratamiento del agua cruda del embalse natural del nacedero que se está captando directamente para el consumo doméstico. Se identificó la presencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en niveles superiores a lo permitido lo cual indica la existencia de contaminación bacteriológica, esto representa un riesgo para la salud humana en términos microbiológicos. Estos microorganismos son indicadores de la posible presencia de agentes patógenos en el agua que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud.

11. REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Salud. (2011). *Manual de instrucciones para la toma, preservación y transporte de muestras de agua de consumo humano para análisis de laboratorio*.
Obtenido de [www.ins.gov.co:
https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf](https://www.ins.gov.co/sivicap/Documentacion%20SIVICAP/2011%20Manual%20toma%20de%20muestras%20agua.pdf)
- Alcaldía Municipal de Ricaurte. (06 de 2020). *Plan de Desarrollo Periodo 2020 - 2023*. Obtenido de [ricaurte-cundinamarca.gov:
https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/Proyectos/Paginas/POT.aspx](https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/Proyectos/Paginas/POT.aspx)
- Alcaldía Municipal de Ricaurte, Cundinamarca. (18 de 10 de 2024). *Información del Municipio*. Obtenido de [www.ricaurte-cundinamarca.gov.co: https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#:~:text=Situado%20en%20la%20cordillera%20oriental,sobre%20el%20nivel%20del%20mar](https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx#:~:text=Situado%20en%20la%20cordillera%20oriental,sobre%20el%20nivel%20del%20mar).
- Alcaldía Municipal de Ricaurte, Cundinamarca. (18 de Octubre de 2024). *Información del Municipio*. Obtenido de [www.ricaurte-cundinamarca.gov.co: https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx](https://www.ricaurte-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx)
- ALCORA. (01 de 06 de 2016). *Agua apta para consumo humano*. Obtenido de [alcora.es:
https://alcora.es/blog/agua-apta-consumo-humano/](https://alcora.es/blog/agua-apta-consumo-humano/)
- AQUAE FUNDACION. (18 de 05 de 2021). *¿Qué es un manantial?* Obtenido de [www.fundacionaquae.org: https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manantiales-los-pozos/](https://www.fundacionaquae.org/wiki/los-manantiales-los-pozos/)
- Baeza, E. (2016). *Calidad del Agua . BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE*, 2.
- Barón, M. (2022). *Propuesta para recuperación de nacimientos de agua en la finca las Mercedes, municipio de Pacho Cundinamarca*. Obtenido de [repository.unad.edu.co:
https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51746/lmbarong.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/51746/lmbarong.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Barrera, M. (30 de Noviembre de 2017). *REMOCIÓN DE MANGANESO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE TOCANCIPÁ – CUNDINAMARCA*. Obtenido de [repository.escuelaing.edu.co:](https://repository.escuelaing.edu.co/)

- <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/744/Barrera%20Mart%EDnez%20,%20Diana%20Isolina%20-%202017.pdf;jsessionid=72A164F448C29E77A27EEECB27C5C90A?sequence=1>
- BBVA. (2022). *¿Qué es el proceso de potabilización del agua y cuáles son sus fases*. Obtenido de [www.bbva.com](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua-y-cuales-son-sus-fases/): <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-proceso-de-potabilizacion-del-agua-y-cuales-son-sus-fases/>
- Bernal, G. (07 de Diciembre de 2022). *NACIMIENTOS PROTEGIDOS*. Obtenido de colombia.wcs.org: <https://colombia.wcs.org/es-es/WCS-Colombia/Noticias/articleType/ArticleView/articleId/18403/NACIMIENTOS-PROTEGIDOS.aspx>
- Bernal, T. (2018). *Propuesta de un sistema de potabilización del agua para la vereda Zumbe ubicada en Útica, Cundinamarca*. Obtenido de [repositorio.unbosque.edu.co](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3435/Bernal_Useche_Tania_Lisbeth_2018.pdf?sequence=1): https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3435/Bernal_Useche_Tania_Lisbeth_2018.pdf?sequence=1
- BSCorp. (12 de enero de 2021). *Sistema de Abastecimiento de Agua Potable*. Obtenido de BSCorp: <https://bscorpingenieria.com/sistema-de-abastecimiento-de-agua-potable/>
- Carbotecnia. (8 de enero de 2024). *Microfiltración*. Obtenido de www.carbotecnia.info: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/que-es-microfiltracion/>
- Cardoso, D., & Ramirez, J. (2021). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE POTABILIZACION DE AGUAS SUBTERRANEAS, CASO DE ESTUDIO POZO FINCA EL CAIMANERA EN EL MUNICIPIO DE EL ARBOLITO ESPINAL- UBICADO EN LA VEREDA TOLIMA TENIENDO EN CUENTA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA*. Obtenido de [repository.unipiloto.edu.co](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10116/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FINAL%20D-J%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y): <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10116/PROYECTO%20DE%20GRADO%20FINAL%20D-J%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Coinref.es. (s.f.). *Coliformes Totales: ¿Qué Son y Por Qué Deberían Importarte?* Obtenido de <https://coinref.es/que-son-los-coliformes-totales/?form=MG0AV3>
- Cruz, M. (2018). *AGUAS SUPERFICIALES*. Obtenido de [gisviewer.semarnat.gob.mx](https://gisviewer.semarnat.gob.mx/bol/20_03/): https://gisviewer.semarnat.gob.mx/bol/20_03/

- Decreto 1575 . (09 de Mayo de 2007). *Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Obtenido de www.funcionpublica.gov.co:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007
- Díaz, Y., & Franco, A. (2020). *ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS VEREDAS QUIBA SECTOR GUABAL Y MOCHUELO ALTO Y BAJO CIUDAD BOLÍVAR*. Obtenido de repository.ucatolica.edu.co:https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/7efdfd54-13f1-4e52-aff8-2423fb8e1be2/content
- El Imperio del derecho*. (s.f.). Obtenido de sc.jalisco.gob.mx:https://sc.jalisco.gob.mx/sites/sc.jalisco.gob.mx/files/el_imperio_del_derecho_ponencia_0.pdf
- EL MINISTRO DE AMBIENTE, V. Y. (2009). *RESOLUCION 2320 DE 2009*. Obtenido de www.funcionpublica.gov.co:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38487
- El Tiempo. (s.f.). *CONSERVACIÓN DE NACIMIENTOS DE AGUAS*. Obtenido de www.eltiempo.com:https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-296565#:~:text=El%20manantial%20Es%20el%20lugar,las%20ra%C3%ADces%20de%20las%20plantas
- Engeikos. (2021). *Caracterización de aguas ¿Qué es y por qué se hace?* Obtenido de engeikos.com:https://engeikos.com/caracterizacion-de-aguas-que-es-y-por-que-se-hace/
- Equipos y Laboratorio. (2001). *PRESION OSMOTICA*. Obtenido de Equipos y Laboratorio: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/presion-osmotica>
- Fajardo, M., & Meléndez, G. (2019). *TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: LA GOBERNANZA DEL AGUA ENFOCADA AL SANEAMIENTO EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA*. Recuperado el 05 de 10 de 2024, de [http://repository.unipiloto.edu.co:/http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5494/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACIO%CC%81N%20LA%20GOBERNANZA%20DEL%20AGUA%20ENFOCADA%20AL%20SUMINISTRO%20Y%20SANEAMIENTO%20EN%20ZONAS%20RURALES%20DE%20COLOMBIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repository.unipiloto.edu.co:http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5494/TRABAJO%20DE%20INVESTIGACIO%CC%81N%20LA%20GOBERNANZA%20DEL%20AGUA%20ENFOCADA%20AL%20SUMINISTRO%20Y%20SANEAMIENTO%20EN%20ZONAS%20RURALES%20DE%20COLOMBIA.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Fluideco. (s.f.). *DOSIFICACIÓN QUÍMICA*. Obtenido de Fluideco: <https://fluideco.com/sistemas/dosificacion->

quimica/#:~:text=Los%20sistemas%20de%20dosificaci%C3%B3n%20qu%C3%ADmica,y%20conductividad%20y%20evitar%20incrustaciones.

Función Pública. (01 de Enero de 1991). *Constitución Política 1 de 1991 Asamblea Nacional Constituyente*. Obtenido de www.funcionpublica.gov.co:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

Función Pública. (11 de Julio de 1994). *Ley 142 de 1994*. Obtenido de www.funcionpublica.gov.co:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752

Función Pública. (09 de Mayo de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Obtenido de www.funcionpublica.gov.co:https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007

GIZ. (1997). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/GIZ%202017.%20Manual%20para%20la%20cloraci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20sistemas%20de%20abastecimiento%20de%20agua%20potable.pdf

Gómez, W. (2017). *ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN COMUNIDADES RURALES EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO*. Obtenido de [repositorio.unal.edu.co:https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63097/1077432851.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63097/1077432851.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

HACH. (s.f.). *¿Qué es la alcalinidad?* Obtenido de HACH: <https://es.hach.com/parameters/alkalinity>

HealthLink BC. (Mayo de 2019). *Manganeso en el agua potable*. Obtenido de www.healthlinkbc.ca.

Hernández, E., & Corredor, C. (2017). *DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA PLANTA MODELO DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACION DE AGUA, SE DISPONDRA EN EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14556/1/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCION%20DE%20UNA%20PLANTA%20MODELO%20DE%20TRATAMIENTO%20PARA%20LA%20POTABILIZACION%20DE%20AGUA.pdf>

- Herrera, F. (2020). *CARACTERIZACIÓN HIDRICA Y DISEÑO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA VEREDA JAGUALITO PUEBLO NUEVO, MUNICIPIO DE GUAMO - TOLIMA*. Obtenido de repository.unipiloto.edu.co:
<https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/9487/TRABAJO%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- icontec. (21 de Agosto de 1996). *NTC-ISO 5667-6:1996*. Obtenido de tienda.icontec.org:
<https://tienda.icontec.org/gp-calidad-de-agua-muestreo-guia-para-el-muestreo-de-aguas-de-rios-y-corrientes-ntc-iso5667-6-1996.html#:~:text=ESTABLECE%20LOS%20PRINCIPIOS%20A%20SER,VALORACION%20FISICA%2C%20QUIMICA%20Y%20MICROBIOLOGICA>
- icontec. (03 de Noviembre de 2004). *NTC-ISO 5667-3:2004*. Obtenido de tienda.icontec.org:
<https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-agua-muestreo-parte-3-directrices-para-la-preservacion-y-manejo-de-las-muestras-ntc-iso5667-3-2004.html>
- IDEAM. (2021). *DETERMINACIÓN DE ESCHERICHIA COLI Y COLIFORMES TOTALES EN AGUA POR EL MÈTODO DE FILTRACIÒN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>:
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+A+gua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>
- Leal, T. (2022). *Tecnologías convencionales de tratamiento de agua y sus limitaciones*. Obtenido de psa.es:
https://psa.es/es/unidades/tsa/projects/solarsafewater/documents/libro/04_Capitulo_04.pdf
- Lozano, L. &. (s.f.). *Qué es la NTC 1500 y qué aspectos tener en cuenta al aplicar esta normativa?* Obtenido de lopezylozano: <http://lopezylozano.com/que-es-la-ntc-1500/>
- Medina, L. (2012). *Filtración convencional o perpendicular*. Obtenido de www.researchgate.net:
https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Filtracion-convencional-o-perpendicular-a-y-tangencial-o-paralela-b_fig1_315482959
- Minambiente. (2020). *Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Obtenido de www.minambiente.gov.co:
[://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/#:~:text=La%20GIRH%20se%20define%20como,sustentabilidad%20de%20los%20ecosistemas%20vitales](http://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/#:~:text=La%20GIRH%20se%20define%20como,sustentabilidad%20de%20los%20ecosistemas%20vitales)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (04 de 12 de 2009). *Resolución 2320 de 2009*. Obtenido de [funcionpublica.gov.co: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38487](https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38487)

Ministerio de Desarrollo Económico. (17 de 11 de 2000). *RESOLUCION 1096 DE 2000*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Resolucion%201096%20de%202000-Nov-17.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (20 de 04 de 2020). *Resolución 622 de 2020*. Obtenido de [minsalud.gov: https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/reso](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/reso)

Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). *TÍTULO B Sistemas de Acueducto*. Obtenido de [www.minvivienda.gov.co: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulob-030714.pdf)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (22 de 06 de 2007). *Resolución 2115 de 2007 MPS*. Obtenido de [normas.cra.gov.co: https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minproteccion_2115_2007.htm](https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_minproteccion_2115_2007.htm)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *RESOLUCIÓN 0330 DE 2017*. Obtenido de [redjurista.com: https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_330_de_2017_ministerio_de_vivienda_ciudad_y_territorio.aspx#/](https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_330_de_2017_ministerio_de_vivienda_ciudad_y_territorio.aspx#/)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (6 de Febrero de 2019). *La realidad del acceso al agua en zonas rurales de Colombia*. Obtenido de [asirsaba.com.co: https://asirsaba.com.co/2019/02/la-realidad-del-acceso-al-agua-en-zonas-rurales-de-colombia/](https://asirsaba.com.co/2019/02/la-realidad-del-acceso-al-agua-en-zonas-rurales-de-colombia/)

Minsalud. (04 de Febrero de 2022). *Resolución 172 de 2022*. Obtenido de [minsalud.gov.co: https://minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20172%20de%202022.pdf](https://minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20172%20de%202022.pdf)

Minvivienda. (22 de Junio de 2007). *Resolución 2115 - 2007*. Obtenido de [minvivienda.gov.co: https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007](https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007)

Minvivienda. (08 de Junio de 2017). *Resolución 0330 - 2017*. Obtenido de [minvivienda.gov.co: https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0](https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0330-2017-0)

- Minvivienda. (08 de Noviembre de 2018). *Resolución 0844 - 2018*. Obtenido de minvivienda.gov.co: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0844-2018>
- Minvivienda. (2021). *Reglamento tecnico del sector de agua potable y saneamiento basico_RAS*. Obtenido de [www.minvivienda.gov.co: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-e-28122021-final-limpio-rev.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo-e-28122021-final-limpio-rev.pdf)
- Minvivienda. (09 de Diciembre de 2021). *Resolución 0799 - 2021*. Obtenido de minvivienda.gov.co: <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0799-2021>
- Mora, L. (2017). *DOCUMENTO EN ESTUDIO ANULACIÓN O REORIENTACIÓN NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 813 (Segunda actualización)*. Obtenido de docplayer: <https://docplayer.es/14824133-Documento-en-estudio-anulacion-o-reorientacion-norma-tecnica-colombiana-ntc-813-segunda-actualizacion.html#:~:text=OBJETO%201.1%20Esta%20norma%20establece,de%20cualquier%20sistema%20de%20abastecimiento>.
- Moron, E. (2022). *¿Qué es la filtración por membrana?* Obtenido de hive.blog: <https://hive.blog/hive-196387/@emiliomoron/que-es-la-filtracion-por-membrana>
- NTC-ISO 5667-6. (1996). *Calidad de agua. Muestreo. Guía para el muestreo de aguas de ríos y corrientes*. Obtenido de [wdn2.ipublishcentral.com: https://wdn2.ipublishcentral.com/hipertexto500148/viewinsidehtml/501440091054273](https://wdn2.ipublishcentral.com/hipertexto500148/viewinsidehtml/501440091054273)
- NTC-ISO5667-3. (2004). *Calidad del agua. Muestreo parte 3: Directrices para la prevención y manejo de las muestras*. Obtenido de [wdn2.ipublishcentral.com: https://wdn2.ipublishcentral.com/hipertexto500148/viewinsidehtml/501415461976360](https://wdn2.ipublishcentral.com/hipertexto500148/viewinsidehtml/501415461976360)
- Ordoñez, I. (2016). EL AGUA Y EL SECTOR RURAL EN COLOMBIA. *REVISTA DE INGENIERIA*, 11.
- Organización Mundial de la Salud. (13 de Septiembre de 2023). *Agua para consumo humano*. Obtenido de [www.who.int: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water)
- Ortega, C. (2023). *Investigación mixta. Qué es y tipos que existen*. Obtenido de [www.questionpro.com: https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20mixta%20es%20una,de%20estos%20m%C3%A9todos%20por%20separado](https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-mixta/#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20mixta%20es%20una,de%20estos%20m%C3%A9todos%20por%20separado).

Perez, L. (2018). *Manantiales*. Obtenido de sswm.info: [https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/manantiales#:~:text=Los%20manantiales%20son%20la%20fuente,%3B%20SME T%20and%20WIJK%202002\).&text=Las%20aguas%20subterr%C3%A1neas%20se%20generan,r%C3%ADos%2C%20lag](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/manantiales#:~:text=Los%20manantiales%20son%20la%20fuente,%3B%20SME T%20and%20WIJK%202002).&text=Las%20aguas%20subterr%C3%A1neas%20se%20generan,r%C3%ADos%2C%20lag)

PURE AQUA, INC. (2024). *Como eliminar el olor del agua*. Obtenido de es.pureaqua.com: <https://es.pureaqua.com/como-eliminar-el-olor-del-agua/#:~:text=El%20agua%20potable%20maravillosa%20y,ning%C3%BAAn%20riesgo%20para%20la%20salud>.

Ramirez, A. (27 de abril de 2020). *La realidad del acceso al agua en zonas rurales de Colombia*. Recuperado el 05 de 10 de 2024, de elcampesino.co: <https://elcampesino.co/la-realidad-del-acceso-al-agua-en-zonas-rurales-de-colombia/?formCode=MG0AV3>

RAS 2000 Titulo C. (s.f.). *SISTEMAS DE POTABILIZACIÓN*. Obtenido de procurement-notices.undp.org: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=16483

RESOLUCIÓN 2115. (22 de Junio de 2007). *Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Obtenido de scj.gov.co: https://scj.gov.co/sites/default/files/marco-legal/Res_2115_de_2007.pdf

Resolución 799. (9 de Diciembre de 2021). *Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017*. Obtenido de www.alcaldiabogota.gov.co: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119747&dt=S>

Retoplas. (s.f.). *¿Qué podemos hacer para la conservación del agua?* Obtenido de rotoplascentroamerica: <https://rotoplascentroamerica.com/que-podemos-hacer-para-la-conservacion-del-agua/>

Rodrigo, R. (16 de Septiembre de 2020). *Manantiales: Definición, formación y tipos*. Obtenido de estudiando.com: <https://estudiando.com/manantiales-definicion-formacion-y-tipos/?form=MG0AV3>

SIGAM. (2023). *MUNICIPIO DE RICAURTE*. Obtenido de <http://sigam.car.gov.co/>: http://sigam.car.gov.co/pluginfile.php/12991/mod_resource/content/1/AGENDA%20AMBIENTAL%20SIGAM%20RICAURTE.pdf

Uribe, A. (09 de 05 de 2007). *Decreto 1575 de 2007*. Obtenido de funcionpublica.gov.co: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=30007>

- Valdivielso, A. (2020). *¿Qué es el agua potable?* Obtenido de iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-potable>
- Villabón, N., & Triana, S. (2021). *ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS, CASO APLICATIVO MUNICIPIO DE JERUSALÉN – CUNDINAMARCA, PARA EL DESARROLLO DE UN PROTOTIPO COMO SISTEMA DE TRATAMIENTO.* Obtenido de repository.unipiloto.edu.co: <https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/10114/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villamizar, I. (10 de Junio de 2020). *TECNOLOGÍAS PARA LA POTABILIZACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES EN COLOMBIA.* Obtenido de repositoriodspace.unipamplona.edu.co: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5359/1/Villamizar_2020_TG.pdf
- Zarza, L. (s.f.). *¿Qué es el agua cruda?* Obtenido de iagua.es: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua-cruda#:~:text=Por%20definici%C3%B3n%2C%20el%20agua%20cruda,%2C%20manantiales%2C%20surgencias%E2%80%A6>