

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	F-AC-DBL-007	08-07-2021	<b>B</b>	
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		1(141)	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	Claudia Carolina Lozano Osorio Ana María Pacheco Galvis		
<b>FACULTAD</b>	Ciencias agrarias y del ambiente		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>DIRECTOR</b>	Esp. Juan Carlos Rodríguez Osorio		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	Evaluación microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas, ubicadas en la Vereda Pallares, del Municipio de la Gloria, Cesar		
<b>TITULO EN INGLES</b>	Microbiological and physicochemical evaluation of groundwater, located in the Vereda Pallares, of the Municipality of La Gloria, Cesar		
<b>RESUMEN (70 palabras)</b>			
El recurso hídrico es insumo fundamental para la vida cotidiana de los seres humanos, permitiendo el desarrollo de las actividades socioeconómicas, ambientales y de esparcimiento. Debido a la problemática presentada en cuestiones de deficiencia en el suministro de agua generada por pocas fuentes superficiales y las características relacionadas con la calidad del recurso en algunos sectores del departamento del Cesar, y, como es el caso del municipio de La Gloria			
<b>RESUMEN EN INGLES</b>			
The water resource is a fundamental input for the daily life of human beings, allowing the development of socioeconomic, environmental and leisure activities. Due to the problems presented in matters of deficiency in the supply of water generated by few surface sources and the characteristics related to the quality of the resource in some sectors of the department of Cesar, and, as is the case of the municipality of La Gloria.			
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Calidad del agua, agua subterránea, características microbiológicas, características fisicoquímicas		
<b>PALABRAS CLAVES EN INGLES</b>	Water quality, groundwater, microbiological characteristics, physicochemical characteristics		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 141	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 18	CD-ROM: 1



Evaluación microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas, ubicadas en la Vereda

Pallares, del Municipio de la Gloria, Cesar

Claudia Carolina Lozano Osorio

Ana María Pacheco Galvis

Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Ingeniería Ambiental

Especialista Juan Carlos Rodríguez Osorio

31 agosto de 2022

## **Dedicatoria**

Primeramente, doy gracias a Dios, quien ilumino cada paso largo de este arduo proceso. A mis padres, quienes con amor lograron enseñarme que con esfuerzo y dedicación se pueden lograr todos los sueños y metas. A mi familia, por su apoyo y constante expresión de amor y confianza.

*- Carolina Lozano*

Dedico principalmente este logro a Dios, por darme la fortaleza necesaria para asumir cada uno de los retos presentados a lo largo de este sendero. A mi tío José David Galvis, por haberme dado todas las oportunidades y herramientas para alcanzar mi formación como profesional.

A mi madre por ser mi polo a tierra y apoyarme durante cada paso a lo largo de mi vida.

*- Ana María Pacheco Galvis*

## **Agradecimientos**

A todas las familias de la vereda Pallares, por todo el tiempo que decidieron aportar a nuestro trabajo.

A nuestro director, Especialista Juan Carlos Rodríguez, por su orientación, acompañamiento y apoyo  
en las fases de formulación y ejecución del proyecto.

A nuestros docentes y compañeros, por hacer parte de este proceso lleno de vivencias que quedaran  
grabadas en nuestras vidas.

## Índice

Capítulo 1. Evaluación microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas, ubicadas en la vereda Pallares, del municipio de La Gloria, Cesar .....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.1.1 Formulación del problema .....	17
1.2 Objetivos .....	17
1.2.1 Objetivo general.....	17
1.2.2 Objetivos específicos .....	17
1.3 Justificación.....	18
1.4 Delimitaciones.....	19
1.4.1 Delimitación operativa.....	19
1.4.2 Delimitación conceptual .....	20
1.4.3 Delimitación geográfica.....	20
1.4.4 Delimitación temporal.....	21
Capítulo 2. Marco referencial .....	22
2.1 Marco histórico .....	22
2.1.1 Antecedentes de la calidad del agua .....	22
2.1.2 Determinación de calidad del agua a nivel internacional .....	24
2.1.3 Determinación de calidad del agua a nivel nacional.....	25
2.1.4 Determinación de calidad del agua a nivel regional .....	27
2.2 Marco teórico .....	28
2.2.1 Aguas subterráneas .....	28
2.3 Marco conceptual .....	35

2.4 Marco legal.....	39
2.4.1 Constitución política de Colombia.....	39
2.4.2 Leyes .....	40
2.4.3 Decretos .....	41
2.4.4 Resoluciones .....	42
Capítulo 3. Diseño metodológico .....	44
3.1 Tipo de investigación .....	44
3.2 Población y muestra .....	44
3.2.1 Población.....	44
3.2.2 Muestra.....	44
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información.....	45
3.3.1 Información primaria .....	45
3.3.2 Información secundaria.....	47
3.3.3 Manejo y análisis de información .....	48
3.4 Fases metodológicas.....	48
3.4.1 Caracterización ambiental y socioeconómica del área de estudio .....	48
3.4.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas subterráneas.....	50
Capítulo 4. Resultados .....	54
4.1 Resultados Objetivo 1. Caracterización ambiental y socioeconómica área de estudio....	54
4.1.1 Caracterización general de la vereda Pallares.....	54
4.1.2 Caracterización particular de los predios de acuerdo a los pozos identificados. ....	64
4.2 Resultados Objetivo 2. Análisis fisicoquímico y microbiológico de aguas subterráneas	81
4.2.1 Toma de muestras .....	81

4.2.2	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos .....	84
4.3	Resultados Objetivo 3. Determinación del uso potencial del agua.....	85
4.3.1	Análisis de normatividad vinculada a la calidad del recurso hídrico subterráneo. ....	86
4.3.2	Evaluación de la calidad del agua de acuerdo con la normatividad.....	91
4.3.3	Determinación del uso potencial del agua subterránea.....	107
Capítulo 5.	Conclusiones .....	118
Capítulo 6.	Recomendaciones.....	120
Referencias.....		121
Apéndices .....		129

## Lista de tablas

Tabla 1. Características de las unidades productivas objetos de estudio.....	55
Tabla 2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados.....	85
Tabla 3 Valores máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico.....	88
Tabla 4 Valores máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico.....	88
Tabla 5 Valores máximos permisibles para el uso agrícola.....	89
Tabla 6 Valores máximos permisibles para el uso pecuario.....	89
Tabla 7 Valores máximos permisibles para el consumo humano.....	90
Tabla 8 Valores máximos permisibles para el consumo humano.....	90
Tabla 9 Valores máximos de las características microbiológicas permisibles para el consumo humano.....	91
Tabla 10 Características microbiológicas.....	92
Tabla 11 Características fisicoquímicas.....	93
Tabla 12 Cumplimiento de normatividad para uso agrícola.....	104
Tabla 13 Cumplimiento de normatividad para uso pecuario.....	106
Tabla 31. Determinación de uso potencial del agua – Finca 1.....	108
Tabla 32 Determinación de uso potencial del agua – Finca 2.....	110
Tabla 33 Determinación de uso potencial del agua – Finca 3.....	112
Tabla 34 Determinación de uso potencial del agua – Finca 4.....	114
Tabla 35 Determinación de uso potencial del agua – Finca 5.....	116

## Lista de figuras

Figura 1. Área de estudio .....	20
Figura 2. Ubicación Vereda Pallares .....	54
Figura 3 Ubicación de los sistemas productivos en estudio .....	56
Figura 4 Uso de insumos químicos.....	57
Figura 5 Implementación de sistemas agrícolas en unidades productivas.....	58
Figura 6. Finalidad de las explotaciones pecuarias.....	59
Figura 7 Aislamientos prediales.....	59
Figura 8 Gestión de residuos sólidos .....	60
Figura 9 Tratamiento de aguas residuales domésticas.....	62
Figura 10 Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea. ....	67
Figura 11 Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca El paisa.....	70
Figura 12 Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca San José. ....	73
Figura 13 Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca San Francisco.....	77
Figura 14 Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca Santa Mónica. ....	80
Figura 15 Bolsas estériles para análisis microbiológicos .....	82
Figura 16. Toma de muestras para análisis microbiológicos .....	83
Figura 17 Desinfección de recipientes.....	83
Figura 18. Toma de muestras para análisis fisicoquímicos .....	84

## Lista de apéndices

Apéndice A Evaluación de calidad fisicoquímica y microbiológica de agua subterránea .....	130
Apéndice B. Características de pozos subterráneos.....	131
Apéndice C. Registro fotográfico .....	132
Apéndice D. Formato de encuesta .....	140

## Resumen

El recurso hídrico es insumo fundamental para la vida cotidiana de los seres humanos, permitiendo el desarrollo de las actividades socioeconómicas, ambientales y de esparcimiento. Sin embargo Debido a la problemática presentada en cuestiones de deficiencia en el suministro de agua generada por las pocas fuentes superficiales y las características relacionadas con la calidad del recurso en algunos sectores del departamento del Cesar, y, como es el caso del municipio de La Gloria, los habitantes de dichas comunidades vienen implementando cada vez más frecuentemente la práctica de excavación de pozos subterráneos para la obtención de aguas provenientes de acuíferos y redes de flujo subterráneas, de forma tal que se logre el suministro del indispensable líquido. Sin embargo, dichas prácticas representan un riesgo potencial para los consumidores de este recurso, dada la incertidumbre que se presentan debido a que los habitantes realizan las excavaciones de forma artesanal y sin tener consideraciones técnicas que puedan garantizar la calidad del agua consumida. Por lo tanto, se decide realizar un muestreo de algunas unidades productivas ubicadas en la vereda Pallares en el municipio de La Gloria- Cesar, en las cuales se cuenta con este tipo de infraestructura para la obtención del recurso hídrico.

Para esto, se hizo necesario realizar la caracterización general el área de estudio, a partir de la cual se logró establecer la cantidad de unidades productivas en donde se cuenta con pozos profundos, sobre los cuales se realizó la extracción y análisis fisicoquímicos y microbiológicos con la finalidad de conocer la calidad del recurso hídrico y seguidamente determinar el uso potencial de acuerdo a lo establecido en la normatividad.

Se pudo determinar que los 5 pozos analizados presentan altas concentraciones de nitritos, nitratos, fosfatos y Coliformes, que superan los valores máximos permisibles establecidos en la normatividad; por lo cual se determina que el agua subterránea no es óptima para el consumo humano; Sin embargo, se recomienda implementar sistemas de tratamiento que permitan la reducción de los agentes contaminantes y garanticen la calidad óptima.

## Introducción

La calidad del agua para el consumo humano es de importancia fundamental para la salubridad pública, razón por la cual, los países regulan y establecen normas para el suministro del preciado líquido. Estas normas buscan establecer responsabilidades de los entes involucrados en el tratamiento y distribución del agua, así como el monitoreo y control de los indicadores de calidad (Cooperativa Española, 2017).

En este sentido, se busca entonces que, así como los sistemas de acueductos convencionales deben cumplir con parámetros y estándares para el suministro y distribución del agua, lo hagan de igual forma los sistemas no convencionales como lo es el uso y perforación de pozos para la extracción de agua potable, pretendiendo así disminuir las probabilidades de afectaciones a la salud y el medio ambiente, dado que, en la mayoría de casos este tipo de actividades significa un potencial riesgo debido al alto grado de incertidumbre por los procesos constructivos y composición del medio en el que se encuentran establecidos (Sahuquillo, 2009).

En el municipio de La Gloria, dada la existente problemática del suministro de agua potable que se registra, las personas optan por realizar perforaciones al suelo, de las cual puedan obtener el preciado líquido, sin tener las consideraciones sobre el contenido o presencia de minerales o sustancias nocivas que puedan afectar negativamente la salud humana, por lo cual, se realiza un reconocimiento y sondeo de algunas unidades productivas agrícolas, dentro de las cuales, se surten por el mencionado método de perforación, y se realizan las revisiones de las

propiedades fisicoquímicas y microbiológicas que posee el recurso, para determinar la calidad del agua aprovechada por los habitantes.

Entonces, se sabe que la calidad de las aguas subterráneas está constantemente ligadas a las fuentes de las cuales se recargan los acuíferos y las conexiones que puedan llegar a tener con cavidades del suelo, dentro de las cuales, se puedan encontrar químicos y/o minerales que pudieran terminar alterando las condiciones de aptitud del recurso hídrico, por lo cual, se hace necesario realizar la verificación de las fuentes con el fin de identificar agentes que puedan afectar la salud humana, y así poder tomar las medidas preventivas o correctivas, según sea el caso, llegando incluso hasta el descarte de las fuentes (Barranco, 2018).

Estas acciones se llevan a cabo con el fin de gestionar y administrar de una manera adecuada y segura el suministro mediante la práctica de pozos perforados, para minimizar posibles impactos y afectaciones a la salud humana dentro de las comunidades, y, así mismo, generar progreso y desarrollo seguro. Por tanto, es indispensable contar con información completa y lo más certera posible, por lo que se debe realizar un reconocimiento de primera mano de todas las condiciones y factores que pudieran llegar a influir en la alteración de las propiedades fisicoquímicas de las cuencas hídricas (Barranco, 2018).

## **Capítulo 1. Evaluación microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas, ubicadas en la vereda Pallares, del municipio de La Gloria, Cesar**

### **1.1 Planteamiento del problema**

En todo el mundo las enfermedades causadas por la mala calidad de las aguas para consumo humano son frecuentes, ellas ocurren por diferentes causas como la falta de un tratamiento de potabilización correcto o por contaminación en las redes de distribución (Villegas, 2013).

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS 2012), la calidad del agua potable es un tema de interés universal, el agua es esencial para la vida y todas las personas deberían de disponer de un suministro satisfactorio. En julio del 2010, a través de la Resolución 64/292, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua (ONU, 2012).

De acuerdo a Ameijenda (2015), el agua subterránea surge a partir de las precipitaciones que logran infiltrarse por medio de fisuras y poros, y finalmente percola en la profundidad, tras lo cual esta logra surgir a la superficie en forma de manantiales, ríos, lagos y mares, o en otro escenario, es extraída por el ser humano mediante perforaciones y sistemas de bombeo.

La circulación subterránea, en lo que respecta al paso del agua por las distintas capas terrestres, tiende a depurar el agua de partículas y microorganismos como bacterias, virus y

protozoos; que en ocasiones, llegan al acuífero por contaminación generada a partir de las actividades humanas, como las fosas sépticas, la infiltración de nitratos y otros abonos químicos muy solubles usados en la agricultura, que suelen ser una causa grave de contaminación de los acuíferos en áreas de productividad agrícola y densa población (Hernandez, 2016).

Aun cuando las aguas subterráneas desempeñan un rol importante en el medio ambiente, existen actividades antrópicas, entre las cuales destacan las practicas agropecuarias y la sobreexplotación de los acuíferos, siendo entonces que, se generan amenazas sobre la calidad y cantidad del recurso hídrico almacenado en el subsuelo (Atuesta, Saldaña, Otalvarez, & Ramos, 2020).

Históricamente municipios del Cesar y Sur de Bolívar han padecido durante las épocas de sequía debido a la disminución del caudal medio de las principales fuentes abastecedoras, hasta el punto permanecer sin flujo durante largos periodos a lo largo del año, razón por la cual se opta por hacer aprovechamiento del agua subterránea por medio de la perforación de pozos para lograr cubrir la demanda hídrica de las poblaciones y el desarrollo de las actividades económicas. Sin embargo, estos son explotados sin tener un conocimiento previo de las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica del recurso (Corpocesar, Ideam, 2009).

En la vereda Pallares ubicada en el KM 20 vía Aguachica – Besotes, se cuenta con diferentes pozos de aguas subterráneas que son utilizados para consumo humano, uso agrícola y pecuario; el recurso hídrico se ve afectado por diversos tipos de contaminación, debido a que en la vereda se desarrollan actividades de explotación agropecuaria, existiendo diferentes cultivos

alrededor y actividades de ganadería que vierten sus residuos líquidos sin implementar algún sistema de tratamiento previo. Además, en la zona no se cuenta con un sistema de alcantarillado, por lo cual la disposición final de aguas residuales domésticas es realizada en pozos sépticos.

### **1.1.1 *Formulación del problema***

¿Cuál es el uso potencial del agua subterránea en la vereda Pallares - Cesar, de acuerdo a la calidad fisicoquímica y microbiológica?

## **1.2 *Objetivos***

### **1.2.1 *Objetivo general***

Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas subterráneas en la Vereda Pallares, en el municipio de La Gloria, Cesar.

### **1.2.2 *Objetivos específicos***

Caracterizar ambiental y socioeconómicamente el área de estudio en la vereda Pallares

Realizar un análisis fisicoquímico y microbiológico para determinar la calidad de las aguas subterráneas.

Determinar el uso potencial del recurso hídrico subterráneo en la vereda Pallares, de acuerdo a la normatividad ambiental vigente.

### **1.3 Justificación**

El agua freática o subterránea es considerada como una fuente vital para la obtención del recurso con la finalidad de darle uso para el consumo humano y agrícola, Sin embargo, esta puede llegar a ser fácil de agotar, debido a que se renueva muy lentamente (Lanz, 1997) . Cuando se contamina es de difícil depuración natural por presentar flujos lentos comparados con el agua superficial de escorrentía, y por su baja presencia de oxígeno que limita la biodegradación. Solo a través de la circulación subterránea, en lo que respecta al paso del agua por las distintas capas terrestres, se tiende a depurar esta agua de partículas y microorganismos. (Vence, Castillo, & Osorio, 2009).

Con este proyecto se pretendía dar a conocer la situación presentada en la vereda Pallares, en la cual existen depósitos de agua subterránea, que constituyen una fuente importante de agua para consumo humano y uso agrícola, siendo que estos son afectados por la contaminación provocada por las fosas sépticas cercanas que contienen desechos orgánicos, heces de animales y por la explotación del material de arrastre que en el mismo lugar se viene desarrollado, los cuales se infiltran a través del suelo y que llegan a estas fuentes de agua por escorrentías. Esta situación da paso a que se altere la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua y por ende la calidad de vida de las personas que se abastecen de distintas formas de estos depósitos.

Con la evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua subterránea de los pozos de agua presentes en la vereda Pallares, se esperaba proporcionar información que permita definir el uso potencial del agua subterránea, basados en los valores máximos permisibles establecidos en la normatividad colombiana. De acuerdo a lo anterior, diseñar e implementar medidas de manejo y estrategias, que garanticen mejoras en la calidad de vida de la población que se abastece del recurso hídrico asociado a los pozos.

## **1.4 Delimitaciones**

Las delimitaciones tomadas a consideración para el presente proyecto de investigación son: la operativa, conceptual, geográfica y temporal.

### **1.4.1 *Delimitación operativa***

El proyecto se basa en el desarrollo de actividades de investigación en campo y laboratorio, las cuales permitirán realizar la ejecución y cumplimiento de los objetivos planteados.

La ejecución de este proyecto puede ser afectado por diferentes externalidades debido a que se realizará en un lugar apartado del casco urbano del municipio de La Gloria, Cesar, lo cual hace que el trayecto y respectivas distancias hacia la zona de estudio impida llegar a desarrollar las actividades.

### **1.4.2 Delimitación conceptual**

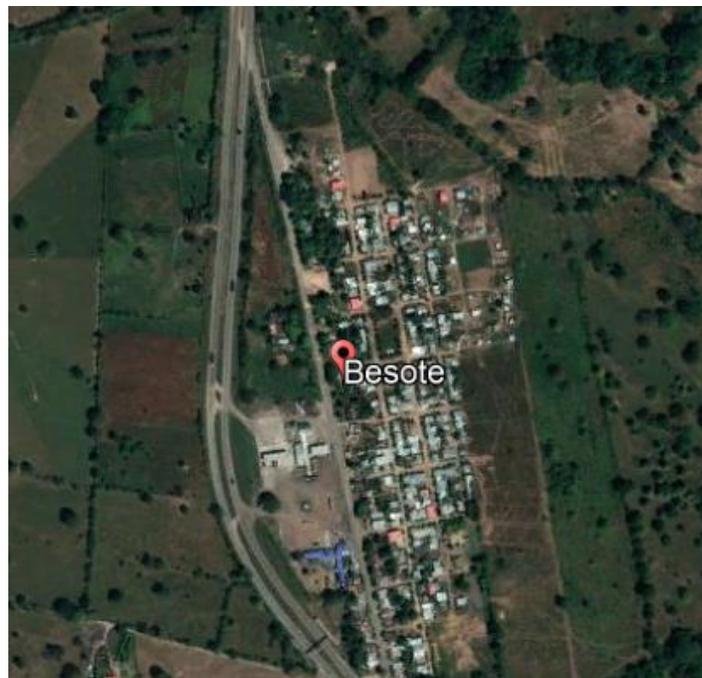
Durante el desarrollo del presente proyecto se tocarán temáticas relacionadas con el uso y aprovechamiento de aguas subterráneas, así como su calidad, cantidad, análisis fisicoquímicos y microbiológicos, contaminación, procesos de filtración, entre otros.

### **1.4.3 Delimitación geográfica**

El presente trabajo se realizará en el municipio de La Gloria, Cesar en el sector veredal vía al corregimiento de besote.

#### **Figura 1.**

*Área de estudio*



**Fuente:** Google earth, 2021

#### **1.4.4 *Delimitación temporal***

El proyecto será desarrollado en un tiempo determinado de cinco meses, dados entre los meses de febrero a junio de 2022.

## Capítulo 2. Marco referencial

### 2.1 Marco Histórico

#### 2.1.1 *Antecedentes de la calidad del agua*

El almacenamiento de agua data de hace aproximadamente 7.000 años en Israel, en donde el recurso contenido en pozos era usado como la principal fuente de abastecimiento, siendo que, además, se dio inicio al desarrollo de sistemas que permitieran transportarla y distribuirla, por medio de canales sencillos, diseñados en piedra y arena, y posteriormente se instalaba tubería, sin embargo esto no garantizaba que esta tubería las condiciones aptas para el consumo humano (Díaz, 2017).

Así mismo, en la antigua Grecia el agua lluvia y la subterránea se usaban para el abastecimiento debido al crecimiento exponencial presentado por la población, sin embargo, dichas aguas se encontraban principalmente contaminadas, por lo cual los griegos debieron interesarse en su calidad, para evitar afectaciones sobre sus consumidores (Díaz, 2017).

Seguidamente, entre el año 500 al 1500 D.C, se presentó no se presentó desarrollo considerable en cuanto a los sistemas de tratamiento de agua. De hecho, durante la edad media se evidenciaron importantes problemas relacionados con la calidad del agua, en especial porque los sistemas de distribución estaban conformados por plomo, además de esto, se vertían directamente residuos sólidos y heces fecales, lo cual afectaba las características del recurso. Este era la principal razón por la cual la población que la consumía tenía problemas de salud a tal

punto de incluso causar la muerte. Debido a lo anterior, y con la finalidad de evitar los efectos negativos, se optó por consumir agua proveniente de las montañas, pues esta no se encontraba contaminada (Water Treatment Solutions, 2016).

En este sentido, se podría considerar que históricamente se ha consumido agua no apta debido a sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Por esta razón se afirma que uno de los determinantes del comportamiento y establecimiento de las poblaciones corresponde con la disponibilidad de agua, siendo que, los asentamientos humanos tienden a consolidarse cerca de cuerpos de agua con las cuales abastecerse y dar satisfacción a sus necesidades básicas (Water Treatment Solutions, 2016).

Una vez se evidenciaron problemas relacionados con higiene y salud pública originados por el consumo de agua con calidad cuestionable, se dio inicio al proceso de tratamiento del recurso hídrico, para lo cual se hizo necesario el desarrollo de actividades que permitieran analizar las condiciones en las cuales se encuentra y de esta manera ejecutar las acciones necesarias para garantizar el alcance de las condiciones adecuadas de acuerdo a cualquiera que sea su uso (Díaz, 2017).

De acuerdo a lo anterior, organizaciones de todo el mundo dieron inicio al desarrollo de evaluaciones de calidad del agua, a partir del uso de índices o parámetros fisicoquímicos. Horton (1965), establece que estos fueron realmente funcionales en la década de los años 70s, principalmente debido a que su implementación era casi nula, y por lo tanto no eran aceptados por las entidades encargadas del monitoreo.

Es importante mencionar que la salud humana es uno de los principales motivos por los cuales las poblaciones pueden preocuparse, especialmente cuando puede verse afectada con elementos presentes en el agua que requieren para su consumo diario. Así pues, esta se convierte en una de las razones por las que las sociedades recurrieron a implementar acciones que permitieran el seguimiento o la evaluación de la calidad del agua, con lo cual se puedan establecer estrategias que permitan revertir oportunamente las consecuencias negativas que pidieran ser ocasionadas (Chong, 2010).

### ***2.1.2 Determinación de calidad del agua a nivel internacional***

En cuanto al comportamiento o desarrollo de actividades para analizar la calidad del agua subterránea a nivel internacional, se tienen registros que en la provincia de Buenos Aires se realizaron estudios microbiológicos a aguas subterráneas, teniendo como resultado, indicadores que demostraron contaminación fecal, con lo cual se recomendaron acciones encaminadas al tratamiento en pro de la mejora de las condiciones del recurso (Rosseti, Farace, Castelli, Curti, & Funes, 1998).

En el año 2000, se realizó una caracterización de los parámetros geoquímicos del agua subterránea presente en la Gran Canaria, teniendo en cuenta las formaciones volcánicas, para lo cual se requirió tener conocimiento sobre las características hidrogeológicas que poseía cada uno de los pozos subterráneos, y el nivel freático que poseían. Esto con la finalidad de establecer el comportamiento de los flujos de agua y su probable afectación por vertimientos realizados en el

área urbana, en este sentido, se logra dar recomendaciones acerca del uso de dichas captaciones (Galindo, y otros, 2000).

En Yucatán, el agua subterránea se establece como la principal fuente de abastecimiento, la cual además es vulnerable de contaminación debido a vertimientos de aguas residuales domésticas, y residuos líquidos provenientes de explotaciones agropecuarias. Por esta razón, Pacheco, Cabrera, & Pérez (2004), realizaron un análisis con la finalidad de determinar la calidad del agua, a partir de la evaluación de parámetros químicos y microbiológicos del agua, con la finalidad de diagnosticar las condiciones presentadas por el recurso hídrico subterráneo a partir del cual se abastece el sistema de acueducto municipal.

Para lo anterior, se realizó el muestreo de las 106 cabeceras municipales, realizando el análisis de más de 25 parámetros, siendo 22 químicos y 0 microbiológicos, de lo anterior se estableció que la calidad del agua es aceptable para el consumo humano es aceptable en base a los parámetros químicos, sin embargo, es clasificada como peligrosa o muy contaminada debido a la presencia de agentes bacteriológicos contaminantes (Pacheco, Cabrera, & Pérez, 2004).

### ***2.1.3 Determinación de calidad del agua a nivel nacional***

En el país la preocupación por contar con el volumen de agua necesario para satisfacer las necesidades de las poblaciones que crecen exponencialmente y ocupan nuevos territorios, han llevado a buscar nuevas fuentes abastecedoras, que además posean con la calidad requerida para ser aptas para el consumo humano. Es por esto, que en áreas como el Valle de San Nicolás en el

Oriente Antioqueño, se vienen desarrollando estudios de calidad y cantidad de aguas subterráneas para determinar su uso potencial en abastecimiento poblacional (Giraldo, 2021).

En dicho estudio, se realizó el análisis de la calidad del agua subterránea por medio de la implementación de sistemas de información geográfica, con los cuales se identificaron las áreas potencialmente contaminantes, debido al uso dado al suelo, los cuales se definieron como agrícolas, industriales y residenciales. Así mismo se realizó la toma y análisis de 72 muestras aleatorias en la zona de estudio, realizando evaluación de los parámetros fisicoquímicos, una vez realizado dicho estudio se hizo una comparación con la legislación ambiental vigente, a partir de lo cual se identificó que solo 44 de las 72 muestras tomadas, podrían ser usadas para el consumo humano, esto sin tener en cuenta los parámetros microbiológicos, los cuales podrían limitar más las fuentes de aguas subterráneas aptas para el consumo humano (Giraldo, 2021).

Así mismo, en los municipios de La Paz y San Diego, en el departamento del Cesar se desarrolló un proyecto que buscaba realizar una evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas subterráneas con la finalidad de comprobar la aptitud del recurso hídrico para el riego de sistemas agrícolas. Para esto, se realizó la toma de 3 muestras para cada uno de los 93 pozos identificados en el área de estudio, de las cuales dos fueron usadas para determinar los parámetros microbiológicos y una para los fisicoquímicos (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

Para determinar los 93 puntos de muestreo se hizo uso de sistemas de posicionamiento global, la fase de toma de muestras fue realizada en un periodo de 16 días, siendo analizados 69

pozos en el municipio de San Diego y 24 en La Paz. Los análisis fueron realizados en la Universidad del Magdalena, trasladando las muestras conservando las condiciones requeridas para el manejo de las muestras (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

Una vez realizado el análisis, se determinó que, el 87% de las muestras dan indicación que el agua puede generar riesgos sobre la salud de la población, por lo cual se recomendó implementar sistemas de tratamiento y potabilización de las aguas subterráneas, con la finalidad de garantizar que su aptitud para el uso agrícola y consumo humano (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

#### ***2.1.4 Determinación de calidad del agua a nivel regional***

En cuanto al ámbito regional, en el municipio de Aguachica, en el sur del departamento del Cesar, se realizó la evaluación del uso de las aguas subterráneas por parte de la población urbana durante la época de sequía. El objetivo del proyecto de investigación es establecer una base documental que permita la construcción de un plan de manejo de aguas subterráneas (Saldaña, 2016).

Para esto fue necesario realizar un diagnóstico del uso del agua subterránea proveniente de pozos en el área urbana del municipio; inicialmente se requirió de un inventario de los aljibes existentes, evidenciando la existencia de 73, de los cuales solo 8 cuentan con concesión otorgada por CORPOCESAR. De estos solo el 28 % son destinados a uso doméstico, mientras que el 58% es para usos varios (Saldaña, 2016).

Del análisis fisicoquímico y microbiológico se determinó que, de los 73 pozos o aljibes analizados, ninguno cumple con la legislación ambiental, sobre pasando los límites máximos permisibles para que el recurso sea apto para el consumo humano, así mismo, se logró establecer que los acuíferos se encuentran expuestos a contaminantes de origen fecal (Saldaña, 2016).

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Aguas subterráneas**

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud - OMS (2006), el agua para el consumo humano se define como aquella que no representa riesgos que puedan causar intoxicación, irritación química e infecciones que generen afectaciones sobre la salud de la población, tal como se establecen en las diversas Guías de Calidad del Agua.

En el mundo, los cuerpos de agua superficial y subterráneos son usados como fuentes de abastecimiento de agua para las poblaciones, ya sea para el consumo humano, industria, sistemas agrícolas, consumo animal, entre otros. De acuerdo a Vargas (2004), los pozos subterráneos y el agua contenida en estos se considera como uno de los recursos más valiosos para el desarrollo de los asentamientos humanos, sin embargo, la humanidad no cuenta con una visión clara de dicha importancia.

Según Schneider & Hare (1996, como se citó en, (Restrepo Correa, y otros, 2018)), los pozos subterráneos se consideran como un recurso natural que se consolida como la principal reserva de agua dulce en el planeta, con cerca del 30%. Sobre esta se establece que su composición

química resulta de un conjunto de reacciones químicas entre la conformación el terreno, incluyendo la materia orgánica, los gases y la mineralogía de este y el agua que se almacena en los poros del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, la calidad del agua subterránea se define como el conjunto de características fisicoquímicas y microbiológicas que contribuyen a la determinación del uso potencial del agua. De acuerdo a las propiedades del recurso hídrico se pueden considerar distintos usos tales como: consumo humano, suministro a sistemas agrícolas y pecuarios, generación de energía eléctrica, recreación, actividades industriales, navegación, y mantenimiento de las funciones ecosistémicas (Rodrigo, Pacheco, Orihuela, Piñeiros, & Cobo, 2018).

Se habla de agua subterránea cuando se hace referencia a las formaciones geológicas que garantizan el paso del recurso hídrico a través de poros, para su posterior explotación. Usualmente estas se encuentran ubicadas en zonas saturadas en niveles inferiores a la superficie terrestre. Estas generalmente cuentan con aproximadamente 70 veces más volumen de agua que la contenida en arroyos y lagos, sin embargo, tras encontrarse a diferentes profundidades la velocidad para extraerlas puede considerarse como un problema (Hirata & Reboucas, 2001).

De acuerdo a Hirata & Reboucas (2001), “En algunas ocasiones, los acuíferos pueden llegar a contaminarse debido a la infiltración de agua contaminada hasta los depósitos donde se encuentra contenido el recurso hídrico, siendo que entonces esta podría verse afectada igualmente”. “Cuando ocurre el proceso de filtración través de suelos no saturados o zona

vadosa, lleva consigo compuestos orgánicos y otros constituyentes hasta el punto en el cual se descomponen a través de reacciones anaerobias” (Schlesinger, 2000).

En cuanto a la calidad de las aguas subterráneas, se considera que su posibilidad de verse afectada por agentes contaminantes es menor que la probabilidad presentada por las fuentes superficiales. Cuando los depósitos subterráneos se ven contaminados, el proceso de descontaminación es más complejo. Esto debido a que el recurso posee un ritmo de autodepuración más lento, pues su permanencia en un acuífero corresponde a cientos de años, con lo cual podría establecerse que su purificación es un proceso difícil (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

*Características químicas.* Las características químicas del agua subterránea logran ser definidas a partir del análisis de muestras tomadas de los acuíferos en los cuales se encuentra contenido el recurso hídrico, tras lo cual se realiza una cuantificación de la concentración de cada uno de los elementos constituyentes que son evaluados (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

Debido a las propiedades de combinación y disolución, se logra realizar la incorporación de constituyentes a diferentes concentraciones, la unión de dichas sustancias al agua inicia antes de la incorporación al sistema de flujo subterráneo, desde el momento en el que se presenta la mezcla de aerosoles en polvo, sales y gases presentes en la atmósfera, posterior a esto, se da la infiltración del agua cuyas características químicas se encuentran ya definidas, sin embargo, debido a las diversas interacciones su composición puede verse alterada (Rigola, 1999).

Dentro de los principales factores que condicionan en algún grado la composición del agua subterránea se encuentra la disposición y naturaleza de los materiales, el tiempo de contacto, la presencia de gases, el grado de saturación, la temperatura, la presión del terreno, entre otros (Castillo, Osorio, & Vence, 2009).

Dentro de los principales compuestos químicos que conforman las aguas subterráneas, se encuentran clasificadas como constituyentes mayoritarias y minoritarias o secundarios, siendo que dentro de los primeros sobresalen los cloruros, nitratos, carbonatos, sulfatos, etc. Cuando la condición de los elementos minoritarios alcanza concentraciones elevadas, suelen ser incluidos dentro del grupo inicial, apareciendo en forma de sales disociadas (Rigola, 1999).

- **Cloruros.** Los cloruros suelen estar presentes como un elemento común en las rocas, por lo cual, tras su disolución pasan de forma casi instantánea a su fase acuosa, logrando la obtención de concentraciones elevadas. Una de las fuentes más importantes de cloruro es el agua lluvia, sin embargo, tras entrar en contacto con el suelo, su concentración disminuye (Rigola, 1999).
- **Amonios, nitratos y nitritos.** Se considera que los compuestos nitrogenados que se encuentran presentes en las aguas están fuertemente relacionados con el ciclo del nitrógeno, esto dado que la mayor parte del nitrógeno logra aparecer en forma de gas en la atmósfera con aproximadamente el 78% en volumen, además, su forma oxigenada se encuentra en fracciones importantes de los suelos y sustancias orgánicas (Tebbutt, 2001).

- “Usualmente el nitrógeno logra aparecer depósitos de aguas subterráneas en forma de nitritos y nitratos. Estos últimos, pueden estar presentes ya sea por la oxidación bacteriana de materia orgánica o por la disolución de rocas” (Gerald, 2003).
- **Calcio.** En la mayoría de los cuerpos de agua, uno de los principales cationes presentes es el Calcio, esto debido principalmente a capacidad de difusión. Cuando hablamos de rocas ígneas este se considera como uno de los constituyentes esenciales, así mismo en las rocas sedimentarias aparecen en forma de sulfatos o carbonatos (Gerald, 2003).
- **Magnesio.** El magnesio es un constituyente menos abundante que el Calcio en los cuerpos de agua natural, lo cual es resultado de la disolución de las rocas carbonatadas presentes en los terrenos, a la alteración de silicatos y evaporitas. Usualmente su solubilidad suele ser mayor que la calcita, por lo cual pueden producir sobresaturación en los cuerpos de agua (Tebbutt, 2001).
- **Potasio.** En relación al potasio, se establece que este corresponde a sales con niveles de solubilidad elevadas, con lo cual se convierte en un constituyente difícil de ser precipitado. En cuanto al agua dulce, el potasio no suele estar presente en concentraciones mayores a 10 partes por millón (Rigola, 1999).
- **Manganeso.** El manganeso es uno de los compuestos esenciales para la metabolización en las plantas, cuando este se encuentra presente en cantidades considerables, puede ser capaz de producir sabores desagradables en el agua, con lo cual se envía un mensaje que busca evitar la

ingesta del recurso en dosis grandes, pues de lo contrario podría ocasionar afectaciones sobre el sistema nervioso central (Tebbutt, 2001).

- **Alcalinidad.** La alcalinidad que posee el agua subterránea puede llegar a determinar la capacidad que este recurso posee para neutralizar los ácidos. Además, esta suele ser definida de acuerdo a ciertos grados de pH. Cuando una fuente se considera alcalina, se habla de que esta es producida por la presencia de iones de bicarbonato y carbonato, o en otros casos a ácidos débiles (Glynn & Heinke, 2000).
- **Dureza.** “Cuando se habla de dureza se hace referencia a la capacidad que posee el agua para producir incrustaciones, en la actualidad esta se encuentra definida en términos de contenido de calcio y magnesio, es decir, Dureza total” (Rigola, 1999).

**Características físicas.** Como consecuencia de las diversas acciones naturales y composición química, el agua subterránea puede llegar a presentar propiedades físicas tales como el color, temperatura, sabor, turbidez, dureza, entre otros.

- **Color.** Una de las causas para que el agua muestre alteraciones relacionadas con el color, se debe a la presencia de manganeso y hierro, así mismo, cuando materia orgánica entra en contacto con el recurso hídrico y que pueden encontrarse en diferentes estados de descomposición. La determinación del color del agua es considerada como una de las principales características de interés para evaluar la calidad de la misma, teniendo en cuenta que a partir de esto se establecerán los procesos de potabilización necesarias (Gerald, 2003).

- ***Turbiedad.*** Debido al efecto óptico que es generado por la dispersión de la luz en el agua, surge la turbiedad. Esta puede ser causada principalmente por la diversidad de materiales que pueden encontrarse en suspensión y que puede poseer tamaños diferentes que pueden ir desde coloides hasta partículas gruesas, microorganismos, materia inorgánica y orgánica, arcillas y limos, entre otros (Glynn & Heinke, 2000).
- ***Temperatura.*** La temperatura del agua representa el estado de equilibrio presente entre las extracciones y aportes caloríficos en determinado punto. De acuerdo a lo anterior, se considera que en los acuíferos se cuenta con una zona neutral, en la cual la temperatura es constante, siendo que cuando está por debajo de la temperatura ambiente se considera como gradiente geotérmico (Rigola, 1999).

***Características microbiológicas.*** Históricamente se han realizado ensayos con la finalidad de determinar la presencia de microorganismos indicadores. En cuanto a los métodos implementados para realizar el aislamiento y recuento de microorganismos patógenos en el agua no siempre son adecuados, debido a que en esta además habitan otros organismos, o cuentan con una distribución irregular que dificulta el proceso (Pajares & Orlando, 2000).

En cuanto a la presencia de microorganismos presentes en el agua, aquellos que se encuentran con mayor frecuencia son las bacterias entéricas, que usualmente son capaces de colonizar el tracto digestivo de animales y humanos. Estos son introducidos al agua a través de la materia fecal que puede llegar a tener contacto con el recurso. Sin embargo, su identificación puede ser un proceso lento (Gerald, 2003).

- **Microorganismos.** Son aquellos organismos que debido a su reducido tamaño son imperceptibles ante el ojo humano, por lo cual se requiere del uso de un microscopio para lograr visualizarlos. Entre estos se encuentran las bacterias, virus, algunas algas, protozoos y mohos (SENA ; Ministerio de desarrollo económico, 1999).
- **Organismos patógenos.** De acuerdo a Kiely (2003) “Los organismos patógenos son aquellos capaces de generar enfermedades y daños a la biología de cualquier huésped en el cual puedan habitar; entre estos se encuentran las bacterias, protozoos y virus”.
- **Organismos indicadores.** “Hacen referencia a los organismos que permiten identificar la presencia de otro organismo patógeno, estos suelen ser implementados para determinar el grado de contaminación que tiene el agua. Entre estos encontramos los coliformes fecales, coliformes totales y enterococos” (Rivera, Maldonado, & Rios, 2001)
- **Vectores.** Se considera vector a cualquier tipo de organismo vivo no microbiano en da inicio a su ciclo de vida ya sea en aguas con presencia de agentes contaminantes o en aquellas en las que no existe contaminación alguna. Este es capaz de cumplir el rol de transmisor de enfermedades de un organismo a otro (SENA ; Ministerio de desarrollo económico, 1999).

### 2.3 Marco conceptual

**Acuífero.** De acuerdo a Galvez (2011), hace referencia al volumen presente en el subsuelo, que existe entre arena y rocas, y en el cual se encuentra contenida cierta cantidad de agua. Estos se convierten en importantes elementos dentro del ciclo hidrológico, aportando cerca del 30% del caudal superficial hídrico.

**Agua potable.** Se habla de agua potable cuando se considera que el recurso hídrico es apto para el uso doméstico y la preparación de alimentos, por lo cual se debe garantizar que esta no se encuentre contaminada con sustancias inorgánicas, de origen biológico o radioactivas, con lo cual no generen afectaciones sobre la salud humana, además, esta debe ser inodora, incolora e insabora (Fagundo, Cima, & González, 2015).

**Aljibe.** Cavidad que almacena agua subterránea y que es haya debido a un proceso de perforación, en la que se alcanzan profundidades relativamente pequeñas que pueden ir de los 5 a los 10 metros, y poseen diámetros de hasta 1 metro. Generalmente, estos sufren adecuaciones para evitar que las paredes colapsen, por lo cual se revisten en ladrillo, se instalan tuberías y sistemas de bombeo que permitan realizar la extracción del recurso hídrico (Velez, Ortiz, & Vargas, 2012).

**Calidad del agua.** Cuando se habla de calidad del agua, se parte del punto en el cual se considera el uso que le será dado. En este sentido, un cuerpo de agua contaría con deficiencias en cuanto a su calidad si cuenta con características que afectan su uso potencial (Maillard, 2013).

Cuando se habla de calidad del agua, se hace referencia al cumplimiento de una serie de parámetros o condiciones, que definen el uso que podrá darse sobre esta, con el objetivo de garantizar la protección del recurso hídrico. En este sentido, se hace necesaria la implementación de análisis basados en criterios microbiológicos, físicos y químicos, teniendo en consideración la dinámica natural del sistema, y como este puede ser capaz de soportar presiones y auto depurarse ante cualquier tipo de afectación (Dirección de recursos hídricos , 2015).

**Características físicas del agua.** Se les da este nombre debido a que estas pueden llegar a ser percibidas por los sentidos humanos, además, tienen repercusiones directamente sobre la aceptabilidad del agua y sobre sus condiciones estéticas. Dentro de los parámetros más importantes se encuentran: Color, turbiedad, temperatura, sabor y olor, sólidos solubles e insolubles (Maillard, 2013).

**Ciclo hidrológico.** Corresponde a la secuencia de etapas que debe atravesar el recurso hídrico en su paso de la tierra a la atmósfera y su retorno a la superficie terrestre, sufriendo un proceso de transformación dado de la siguiente manera: Evaporación desde el suelo, aguas continentales y mares, condensación de nubes, precipitaciones, acumulación en forma de masas de agua, y finalmente se reinicia el ciclo (Galvez, 2011).

El ciclo hidrológico, así como el balance de agua global se consolidan como un modelo que permite comprender el funcionamiento del sistema, así como las interacciones dadas entre el continente y el océano. Así pues, este es la representación de un ciclo continuo en el que se transforma el agua, y su dinámica se encuentra determinada por acción de la gravedad terrestre, la radiación solar y las constantes interacciones de las capas de la atmósfera, litosfera y biosfera (Franco, García, & Vargas, 2010).

**Compuestos orgánicos.** Cuando se habla de compuestos orgánicos se hace referencia al conjunto de residuos orgánicos tales como proteínas, aceites, grasas, entre otros, que son producidos por animales y humanos, en los cuales se incluyen las heces fecales y sustancias que pueden ser descompuestas por bacterias aeróbicas. Cuando este tipo de residuos se encuentran

presentes en el recurso hídrico en concentraciones elevadas, pueden ocasionar que se consuma el oxígeno presente, debido a la gran cantidad de bacterias necesarias para su degradación, con lo cual se generaría mortalidad de las demás especies presentes (Soluciones Medioambientales y Aguas, 2015).

**Contaminación del agua.** Se considera contaminación a cualquier alteración de las características físicas organolépticas, químicas, microbiológicas o radiactivas que pueda sufrir el agua, como resultado de actividades naturales o antrópicas. Lo anterior puede ocasionar afectaciones a nivel enfermedad, rechazo o muerte a quien pueda consumirla (Presidencia de la República de Colombia, 1998).

**Reservas de aguas subterránea.** Estas se refieren al volumen de agua subterránea que se encuentra disponible para ser explotada en un acuífero, la cual se define de acuerdo a la cantidad útil y cada uno de los posibles condicionantes. Cuando se habla de aguas subterráneas se expresan en unidades de volumen por rendimiento. Dichas reservas se encuentran condicionadas por variaciones en el nivel freático, lo cual genera minimización o aumento en la disponibilidad (IDEAM, 2010).

**Sustancias químicas inorgánicas.** Se consideran sustancias químicas inorgánicas a sales, metales tóxicos y ácidos, los cuales cuando se encuentran en altas concentraciones pueden ser capaces de generar afectaciones a los seres vivos, afectar la calidad de maquinaria y equipos implementados para el uso del agua, y disminución del rendimiento de sistemas agrícolas (Soluciones Medioambientales y Aguas, 2015).

## 2.4 Marco legal

Como medida de respaldo del proyecto en cuanto a aspectos legales, se hace necesario realizar la integración de cada una de las normas generales, leyes, resoluciones, decretos y códigos en materia ambiental, que sustenten el desarrollo de esta investigación, teniendo en cuenta su incidencia sobre este, de forma directa o indirecta.

### 2.4.1 *Constitución política de Colombia*

Teniendo en cuenta que la constitución política se consolida como la carta de navegación y norma general sobre la cual se sustenta la normatividad ambiental vigente, haremos mención de los artículos de la misma en los cuales se establece la importancia de la preservación y conservación del medio ambiente. En el artículo 8 de la Constitución Política de Colombia (1991), Se establece que es obligación del Estado, así como de las personas, proteger tanto las riquezas culturales como naturales de la nación. Además, en el artículo 49, se menciona que el Estado es el encargado de organizar, dirigir y reglamentar todo aquello relacionado con el saneamiento ambiental.

Uno de los artículos más representativos de la constitución de 1991, es el 79, en el cual se establecen los derechos a un ambiente sano del que debe gozar cada uno de los habitantes del territorio nacional, Además, se consigna que debe ser protegida la diversidad e integridad del ambiente, por medio de la conservación de áreas de importancia ecológica (Congreso de la República de Colombia, 1991).

La planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales debe ser realizada por el Estado, con la finalidad de garantizar su conservación, enfocándose en la obtención del desarrollo sostenible. Esto sin dejar de lado que es deber del ciudadano colombiano, proteger los recursos naturales y culturales del país, velando por la obtención de un ambiente sano (Congreso de la República de Colombia, 1991).

En el artículo 332, se establece que “el Estado es el propietario tanto del subsuelo como de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglos a las leyes preexistentes” (Congreso de la República de Colombia, 1991).

#### **2.4.2 Leyes**

**Ley 9 de 1979.** Por medio de la Ley 9 de 1979 se establece el Código Sanitario Nacional, siendo que en los artículos 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 hacen referencia al control sanitario que deberá considerarse para cualquiera de los usos del agua, verificando cuales actividades podrán ser capaces de generar contaminación de esta, y tras lo cual se requerirá tramitar ante la autoridad ambiental una autorización o concesión para su aprovechamiento (Congreso Nacional de la Republica de Colombia, 1979).

**Ley 388 de 1997.** En la ley 388 de 1997 se establece la obligación del diseño y adopción de un esquema o plan de ordenamiento territorial, tanto para entes departamentales como municipales. Esta, además, modifica parcialmente la ley 9 de 1989 y dicta otras disposiciones (Congreso Nacional De Colombia, 1997).

**Ley 23 de 1973.** En esta se consagran los principios sobre el control y prevención de la contaminación del recurso aire, suelo y agua, en busca de obtener mejoras en cuanto a la conservación y restauración de ecosistemas y recursos naturales renovables, así como defender el bienestar de los pobladores del territorio nacional; además, en esta se otorgan facultades al Presidente de la República de Colombia, para la expedición del Código de los Recursos Naturales (Congreso de la República de Colombia, 1973).

**Ley 373 de 1997.** En esta ley se establece la obligatoriedad de la implementación de un programa de uso eficiente y ahorro del agua en los departamentos y municipios, mediante acciones encabezadas por las entidades encargadas de la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado, entre otros usos del agua. Dichas estrategias se diseñan con la finalidad de conservar el recurso hídrico (Congreso Nacional de la República, 1997).

**Ley 142 de 1994.** En esta se establecen “los parametros necesarios para la prestación de los servicios publicos domiciliarios, en los cuales se incluye aseo, acueducto, alcantarillado, distribución de gas y energia electrica tanto en el sector urbano como rural” (Congreso Nacional, 1994).

### **2.4.3** *Decretos*

**Decreto 1076 de 2015.** También conocido como decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible, recopila las normas que han sido expedidas por el gobierno de

nacional de la República de Colombia, en temáticas ambientales tales como biodiversidad, gestión ambiental, residuos peligrosos, gestión institucional, régimen sancionatorio, entre otros”.

**Decreto Ley 2811 de 1974.** “En este se establece el código de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, definiendo las normas y condiciones para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales en el marco del desarrollo sostenible” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1974).

**Decreto 4741 de 2005.** Por medio del Decreto 4741 de 2005 se reglamenta de forma parcial la prevención y manejo de los residuos peligrosos que son generados en el marco de la gestión integral, así mismo, prohíbe el abandono de estos al aire libre o cerca de ecosistemas sensibles (Presidencia de la República de Colombia, 2005).

**Decreto 1541 de 1978.** En el decreto 1541 de 1978, “se realiza el establecimiento de pautas referentes al procedimiento de concesión y aprovechamiento de agua, definiendo criterios para cada uno de los posibles usos” (Presidencia de la República de Colombia, 1978).

#### **2.4.4 Resoluciones**

**Resolución 2115 de 2007.** “En esta resolución se establecen desde las características hasta los instrumentos básicos, así como las frecuencias del sistema de control y vigilancia que permitan garantizar la calidad del agua para consumo humano”.

**Resolución 631 de 2015.** “En esta se establecen parámetros y valores máximos permisibles relacionados con la realización de vertimiento puntuales en cuerpos de agua superficial, o en sistemas de alcantarillado público. Además, se dictan otras disposiciones” (Minambiente, 2015).

## **Capítulo 3. Diseño Metodológico**

### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación fue de tipo cuantitativa según el nivel de medición, descriptiva según el análisis de la información, aplicada según el propósito de la investigación. El primer enfoque permitió realizar la recopilación de datos y análisis de variables relacionadas con las características de calidad de las aguas subterráneas. Desde el alcance descriptivo, se buscaba especificar las propiedades importantes para definir el uso potencial del recurso hídrico en base a comparaciones legales (Hernandez, Ferdandez, & Baptista, 2006).

### **3.2 Población y muestra**

#### **3.2.1 Población**

La población para el presente proyecto de investigación se encontraba definida por los pozos de aguas subterráneas presentes en la Vereda Pallares, en el Municipio de La Gloria, Cesar. A partir de las cuales se abastecen cerca de 50 familias, y usadas para sistemas agropecuarios.

#### **3.2.2 Muestra**

La muestra se obtuvo de la identificación de la totalidad de los pozos con agua subterránea presentes en la Vereda Pallares, municipio de la Gloria – Cesar; para esto fue

necesario la aplicación de la ecuación de estimación de la muestra definida por (Rodríguez, 2005)

**Ecuación 1.**Tamaño de la muestra

$$n = \frac{(Z^2)(p)(q)(N)}{(e^2)(N - 1) + (Z^2)(p)(q)}$$

$$n = \frac{(95^2)(0,8)(0,2)(20)}{(8^2)(20 - 1) + (95^2)(0,8)(0,2)}$$

$$n = 10,86 \approx 11$$

Dónde:

**n** = Tamaño de la muestra

**Z** = Valor de tablas de la distribución normal estándar

**p** = Probabilidad de éxito

**q** = Probabilidad de fracaso

**N** = Tamaño de la población

**e** = Error de estimación

### 3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

#### 3.3.1 Información primaria

La información se obtuvo a partir de las visitas a campo, donde por medio de técnicas como la observación, la entrevista y la encuesta se recolectaron los datos base para realizar la caracterización y establecimiento de los puntos de muestreo de aguas subterráneas. Con

instrumentos tales como encuestas estructuradas, uso de bitácora de campo, listas de chequeo y entrevistas abiertas no estructuradas, que las cuales fueron realizadas de acuerdo a un muestreo aleatorio estructurado de la población.

En estas se tuvieron en cuenta elementos ambientales, sociales y económicos; desde las, actividades productivas realizadas, número de habitantes por predio, manejo de los residuos sólidos y líquidos, entre otros. También se realizó la georreferenciación de los puntos de muestreo, de forma tal que se lograra potencializar la metodología aplicada, y el proceso de investigación en general.

En cuanto a la toma de muestras, se garantizó el correcto rotulado, por lo cual cada muestra de aguas residuales fue etiquetada con el objetivo de evitar errores de identificación. De acuerdo con esto, se implementó un rotulo en donde se especificaron los siguientes datos:

- Matriz de la muestra
- Pozo (sitio) de muestreo
- N.º de muestra
- Fecha y hora
- Personal que tomo la muestra
- Tipo de análisis
- Observaciones

Dichas etiquetas fueron diligenciadas con marcador indeleble y posterior a la toma de la muestra se adhirieron al recipiente correspondiente, y se cubrieron con material impermeabilizante (cinta), con la finalidad de evitar afectaciones.

Además, para el manejo de la información primaria, se implementó una bitácora de campo, con el objetivo de llevar una ficha de manejo para cada una de las muestras tomadas, en la cual se relacionaron datos básicos que contribuyeron con la identificación inequívoca de la información. Dichos documentos se diligenciaron en el momento en el que se realizó la toma de las muestras en cada uno de los pozos seleccionados.

### ***3.3.2 Información secundaria***

Para la georreferenciación y esquematización de los puntos de muestreo y en general del área de estudio del proyecto, se requirió de información geográfica en formato vectorial shapefile (SHP), de los límites geográficos de la vereda, municipio y departamento, la cual se obtuvieron a partir de bases de datos abiertos; en cuanto a las imágenes satelitales formato RASTER, se usó el software ruso abierto SASPLANET del servidor de ESRI. Así mismo, se obtuvieron imágenes de teledetección Landsat captadas por el programa Earth Explorer, Seguidamente por medio del uso de ArcGIS se realizó la combinación de bandas que permitió visualizar los elementos de interés.

En cuanto a la información necesaria para el reconocimiento general del área de estudio, se realizó la revisión del Plan de Desarrollo del municipio de la Gloria. Cesar; Así mismo, se realizó la consulta en la secretaria de Planeación e Infraestructura Física.

Además, se hizo necesario implementar el Standard Methods 1992, bibliografía conocida y aceptada para el desarrollo de análisis fisicoquímicos, que permiten la determinación de la calidad del agua.

### ***3.3.3 Manejo y análisis de información***

El manejo de la información se realizó por medio de libros de Excel, en los cuales se llevó un orden de acuerdo al día y toma de muestras, así como de la realización de las encuestas, generando tablas y gráficas. Que luego se analizaron por medio de estadística descriptiva. Además, se hizo uso de una bitácora de campo e informes, con datos y resultados de las muestras y demás actividades realizadas.

## **3.4 Fases metodológicas**

Con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos planteados para el proyecto se ejecutaron las actividades descritas en las siguientes fases metodológicas, con el objetivo de evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas subterráneas, en la vereda Pallares, municipio de La Gloria - Cesar.

### ***3.4.1 Caracterización ambiental y socioeconómica del área de estudio***

Para la caracterización socioeconómica y ambiental se realizó un reconocimiento del área de estudio, a partir del cual se logró establecer un diagnóstico de la cantidad predios presentes en

la vereda. Una vez establecido el listado, y con el cálculo de la muestra, se continuo con la identificación de las principales características de las unidades productivas, tales como: nombre de la finca, área, ubicación, altitud, etc. Es importante mencionar que previamente se realizó la delimitación de la vereda, por medio de la implementación de cartografía básica.

Seguidamente, tras haber establecido la muestra, se realizó una verificación de la presencia de pozos subterráneos presentes en las fincas seleccionadas al azar, la cual permitió reconocer que solo en 5 unidades cuentan con el recurso hídrico subterráneo. Así pues, se realizó una recopilación de información básica, por medio de la aplicación de una encuesta, la cual permitió realizar el reconocimiento de la conformación de los sistemas productivos presentes en los predios.

En cuanto a los aspectos ambientales analizados en los predios en los que se cuenta con pozos de agua subterránea se encuentra el manejo de residuos sólidos y líquidos, el tipo de cobertura vegetal predominante, uso de agroquímicos en actividades productivas, cauces de agua cercanos, entre otros.

En lo que respecta al eje socioeconómico, se realizó la identificación de la cantidad de habitantes integrantes de la familia, la infraestructura asociada al predio (construcciones), las actividades productivas desarrolladas.

Sumado a lo anterior, se realizó la recopilación de información relacionada con el sistema de bombeo implementado, profundidad y conformación constructiva del pozo; además se

identificaron los usos dados al agua, y la presencia de sistemas de tratamiento. Por otro lado, se indago sobre la legalidad del aprovechamiento del recurso hídrico, a través de la existencia de permisos o concesiones del agua subterránea otorgados por la Corporación Autónoma Regional del Cesar -CORPOCESAR.

### **3.4.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas subterráneas**

Para el desarrollo del análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas subterráneas se ejecutaron actividades en campo y en el laboratorio, las cuales se realizaron en dos fases, tal como se indica a continuación:

**Fase de campo.** Durante la fase de campo se realizó la visita de cada uno de los predios seleccionados, con la finalidad de realizar la toma de muestras de las aguas subterráneas, obteniendo dos muestras por cada pozo a evaluar, de estas 1 se usó para el desarrollo de los análisis microbiológicos, y una al desarrollo de evaluación fisicoquímica.

Para realizar la toma de muestras fue necesario realizar una inspección inicial del pozo, seguidamente se hizo una purga de este, con la finalidad de eliminar el agua estancada y garantizar la toma de una muestra representativa, para lo cual se hizo uso del procedimiento establecido en la norma ASTM D 4448:2001. Standard Guide for Sampling Ground-Water Monitoring Wells.

Para la toma de muestras los envases de polietileno de 1.5 litros de capacidad, se lavaron con agua destilada estéril, y posteriormente con agua del pozo a analizar. Una vez tomadas las muestras se transportaron hacia el laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, en posición vertical dentro de cavas de icopor, a las cuales se les agregó suficiente hielo para garantizar su refrigeración.

***Fase de laboratorio.*** Teniendo en cuenta la normatividad ambiental aplicable para la determinación de la calidad de las aguas subterráneas, se analizaron los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- Alcalinidad
- Cobre
- Color aparente
- Conductividad
- Dureza total
- Fluoruros
- Fosfatos
- Hierro
- Nitratos
- Nitritos
- pH
- Sulfatos
- Turbied

Dichos parámetros fisicoquímicos se analizaron de acuerdo a la metodología establecida en el Standard Methods, 1992, en el cual se establece el procedimiento de referencia para cada uno de estos.

Así mismo, se realizó la evaluación de parámetros microbiológicos tales como: Escherichia Coli y Coliformes totales, para lo cual se implementaron técnicas de filtración por membrana, enzima sustrato, sustrato definido, etc.

Los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se realizaron en el laboratorio de aguas, ubicado en las instalaciones de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, el cual se encuentra adscrito a la facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente.

### ***3.4.3 Determinación del uso potencial del agua***

Con la finalidad de identificar el uso potencial de las aguas subterráneas, se realizó una comparación con la normatividad ambiental colombiana vigente y aplicable a dicho contexto. En este sentido, se realizó el desglose del Decreto 1594 de 1984, en el cual se establece el uso del agua subterránea y los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para los diferentes usos. Así mismo, en la Resolución 2115 de 2007 por medio de la cual se establecen las características del agua para el consumo humano.

Posterior al análisis de la normatividad y el establecimiento de los límites máximos permisibles para el consumo humano y doméstico, actividades agrícolas y pecuarias, se realizó la

comparación de los parámetros fisicoquímicos, organolépticos y microbiológicos con los resultados obtenidos de los análisis realizados a los pozos.

A partir de dicha comparación y verificación de cumplimiento de la normatividad, se establecieron recomendaciones, con la finalidad de garantizar el uso potencial de las aguas subterráneas de la vereda Pallares, en el municipio de La Gloria, Cesar. Teniendo en cuenta la obtención de estrategias enmarcadas en la gestión integral del recurso hídrico en la región.

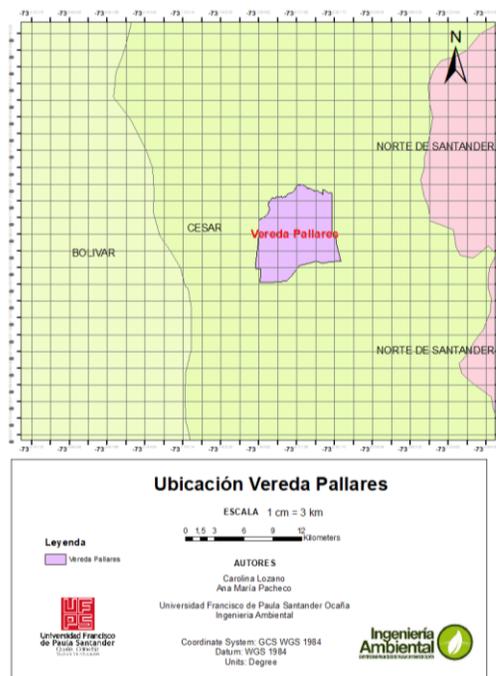
## Capítulo 4. Resultados

### 4.1 Resultados Objetivo 1. Caracterización ambiental y socioeconómica del área de estudio

#### 4.1.1 Caracterización general de la vereda Pallares

La vereda Pallares situada en el municipio de La Gloria, Cesar; se encuentra a aproximadamente 30 minutos del casco urbano de Aguachica, Cesar. Presenta una temperatura promedio de 28 ° C, dada su ubicación geográfica, cuenta con extensas planicies en las cuales se ha establecido 20 unidades productivas, las cuales ocupan una superficie de aproximadamente 200 hectáreas, con un tamaño promedio de 9 hectáreas por predio.

**Figura 2.**  
*Ubicación Vereda Pallares*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

La vereda se caracteriza principalmente por dedicarse al desarrollo de actividades de producción agropecuaria, siendo que 10 de las 20 unidades se han especializado en la explotación de ganado vacuno y establecimiento de cultivos de palma de aceite, esto ha generado la implementación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades tanto de las plantaciones como de los sistemas pecuarios, dentro de los que se encuentran productos derivados de amonio, fenoles, fenthion, órgano fosforados, entre otros. En la tabla 1 se presentan las principales características de las unidades de producción objeto de investigación en la vereda Pallares, relacionando principalmente el desarrollo de actividades de explotación desarrolladas.

**Tabla 1.**

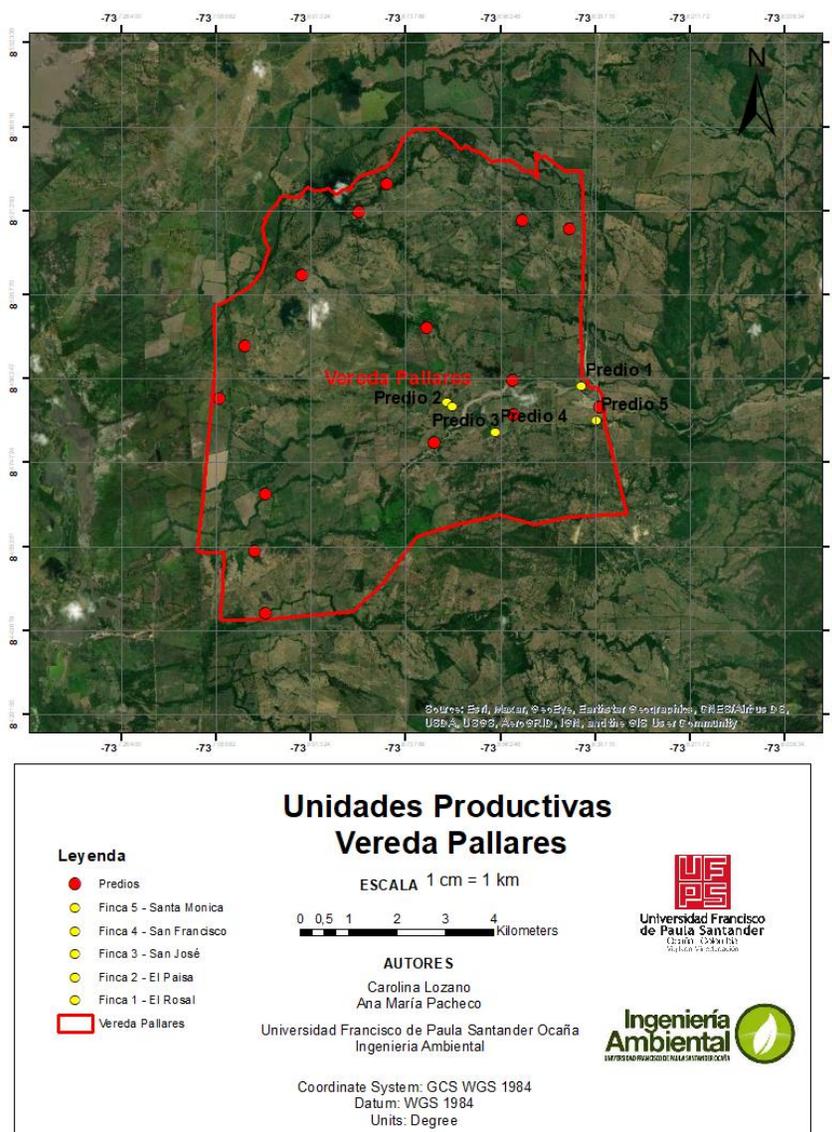
*Características de las unidades productivas objetos de estudio*

<b>Tipo de sistema de producción</b>	<b>Nombre de unidad productiva</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Pecuario	El Rosal	Latitud: 8,4890058 N Longitud: -73,6412953 W	98
Agropecuario	San Francisco	Latitud: 8,480461 N Longitud: -73,6572573 W	74
Agrícola	Las Pavas	Latitud: 8,5217138 N Longitud: -73,668283 W	49
Agropecuario	El Paraíso	Latitud: 8,4902972 N Longitud: -73,647661 W	90
Pecuario	El paisa	Latitud: 8,4858688 N Longitud: -73,6661361W	71
Agrícola	Porvenir	Latitud: 8,4848472 N Longitud: -73,6385972 W	99
Agrícola	Villa Luna	Latitud: 8,483138 N Longitud: -73,653905 W	81
Pecuario	San José	Latitud:8,4852256 N Longitud: -73,6651842 W	71
Agropecuario	Elisa	Latitud: 8,478288 N Longitud: -73,668544 W	67
Agropecuario	Santa Mónica	Latitud: 8,4825618 N Longitud: -73,6384374 W	99

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

**Figura 3**

*Ubicación de los sistemas productivos en estudio*



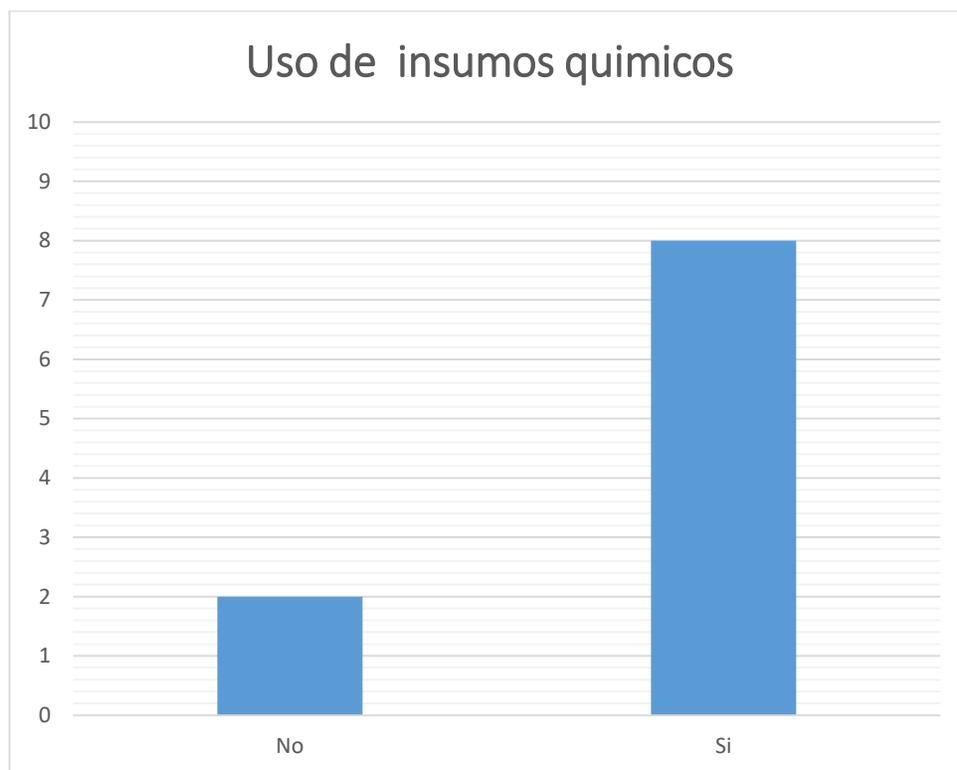
**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

De lo anterior se evidencia que cerca del 70% de las unidades productivas presentes en la Vereda Pallares implementa insumos químicos para el control de plagas y enfermedades, tanto de sistemas agrícolas como pecuarios, siendo más recurrente en aquellos que se dedican a la

producción agraria. Mientras que en el 30% restante no se hace uso de estos dado que su principal actividad se relaciona con ganadería.

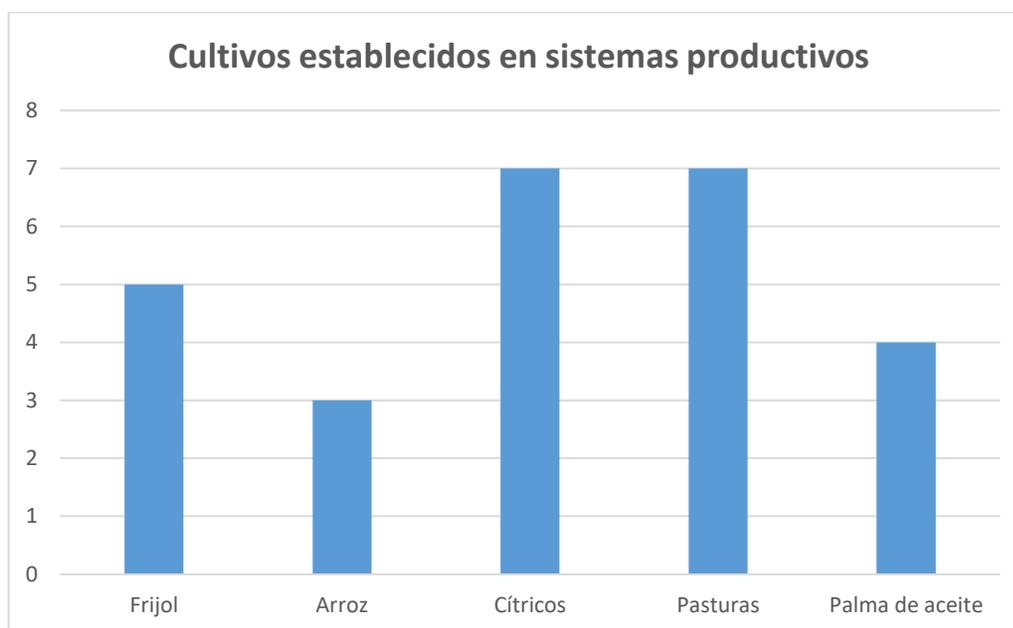
#### Figura 4

##### *Uso de insumos químicos*



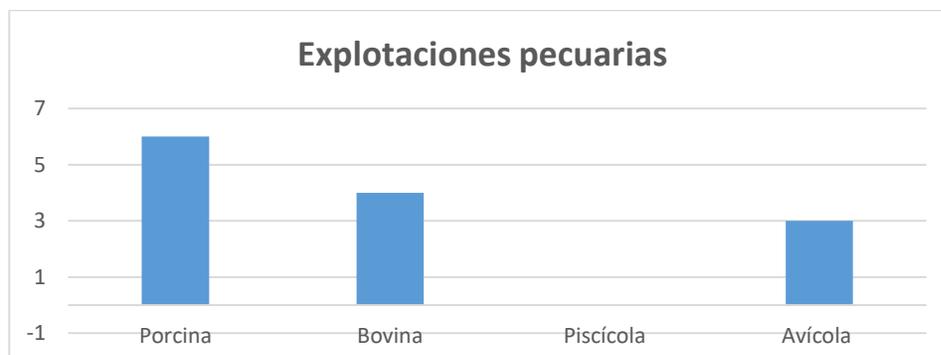
**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

El desarrollo de actividades agrícolas se encuentra ligado principalmente a la producción de palma de aceite africano, que muestra fuertes tendencias en el área de desarrollo del proyecto, siendo que aproximadamente en el 70% de las unidades productivas en estudio han realizado el establecimiento de plantaciones, dentro de las que se cuenta con cultivos transitorios tales como arroz, frijol y pasturas, además de cítricos, tal como se presenta en la siguiente ilustración.

**Figura 5***Implementación de sistemas agrícolas en unidades productivas***Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

Por otro lado, algunas de las unidades han optado por el desarrollo de actividades de explotación pecuaria, gran parte a mediana escala, siendo entonces que se consolidan como un elemento importante para el sistema de manejo, dado que representa una fuente de ingresos por su finalidad comercial.

Dentro de las actividades pecuarias resalta la ganadería bovina, siendo que se han establecido amplias extensiones de tierra para dichas explotaciones; así mismo cuentan con sistemas porcinos y avícolas cuya finalidad principal es la comercialización. Sin embargo, el índice de autoconsumo es elevado, representando cerca del 35%.

**Figura 6***Finalidad de las explotaciones pecuarias***Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

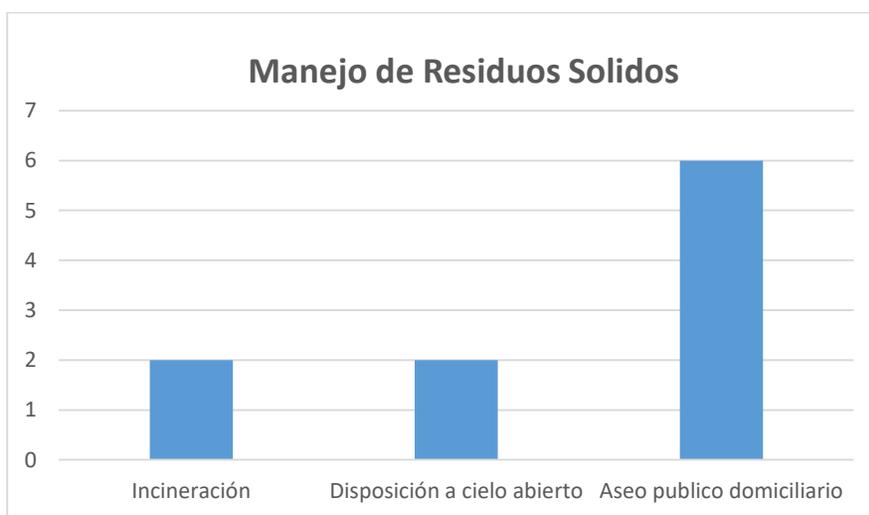
En cuanto al componente ambiental, en la vereda Pallares se implementarán plantas ornamentales para el establecimiento de cercas vivas para el aislamiento de las propiedades, sin embargo, en la mayoría de los casos se emplean postes de cemento y alambre, tallos de guayabo y madera de grosos considerable. Así mismo, resalta una amplia variedad de especies vegetales, dentro de las cuales resalta la cobertura herbácea, que se extiende a lo largo de la vereda, además se identifican individuos arbóreos aislados, y un bajo porcentaje de arbustos.

**Figura 7***Aislamientos prediales***Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

En relación al manejo de los residuos sólidos, la Empresa de servicios públicos de la Gloria- EMPOGLORIA ESP, se encarga del desarrollo de acciones para la gestión integral de los mismos, por medio de la recolección, tratamiento y disposición final en un área en la que se ha garantizado la implementación de las medidas necesarias de acuerdo a la normatividad vigente. Sin embargo, existen predios en los que debido al acceso se ha optado por disponerlos a cielo abierto o incinerarlos, siendo entonces que se generan afectaciones sobre la calidad del aire y del suelo, dadas las emisiones de olores ofensivos, gases contaminantes y lixiviados. Por otro lado, los envases de agroquímicos en algunos casos son incinerados o enterrados, aunque la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA adscrita a la alcaldía municipal de La Gloria, Cesar ha implementado campañas de recolección de los mismos, con la finalidad de gestionar su adecuada disposición final, además de capacitar a la población en temáticas relacionadas con el manejo de sustancias químicas.

### Figura 8

#### *Gestión de residuos sólidos*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

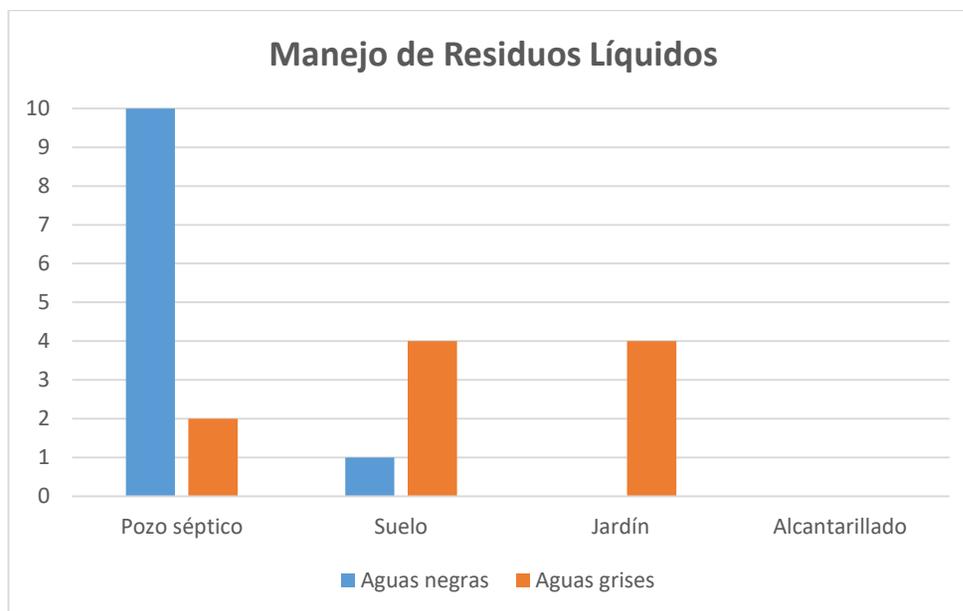
En cuanto al recurso hídrico, la vereda Pallares cuenta con la presencia de la quebrada Besote, quebrada La Dorada, arroyo San Marcos, arroyo Pital, y arroyo El Cedro, siendo que estos últimos tres cuentan con un caudal reducido, principalmente durante temporada de sequía. Dichos drenajes irrigan una amplia extensión del territorio que comprende la vereda, y surten a la población para el desarrollo de sus actividades productivas, recreativas y consumo humano.

Sumado a los anteriores cuerpos de agua se identificó que en 5 de los predios de estudio se cuenta con pozos por medio de los cuales se realiza el aprovechamiento del agua subterránea contenida en el subsuelo, y que se implementa principalmente para el consumo humano y actividades domésticas, sin embargo, también son empleadas para el abastecimiento de los sistemas pecuarios.

Las aguas residuales generadas durante el desarrollo de las actividades cotidianas realizadas en los sistemas cuentan con manejos diferentes, siendo que el 100% de las aguas negras generadas en las viviendas son vertidas a pozos sépticos. Por otro lado, las aguas residuales domésticas generadas en la cocina (aguas grises) son vertidas de forma puntual en áreas cercanas a la vivienda, principalmente en zonas de jardín, debido a que en la vereda no se cuenta con sistema de alcantarillado.

**Figura 9**

*Tratamiento de aguas residuales domésticas.*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

En lo referente al componente sociocultural, en la vereda Pallares se presenta homogeneidad en cuanto al número de integrantes por unidad familiar, siendo que en promedio estas se encuentran conformadas por 5 o 6 miembros, siendo que la cantidad mínima corresponde a 2 personas y 10 la máxima. En el 100% de los predios el padre se dedica al desarrollo de labores agrícolas o pecuarias cualquiera que sea el caso, además de los hijos con mayoría de edad. En cuanto a la madre, se encarga de las actividades domésticas y cuidado de sistemas productivos para el autoconsumo. Finalmente, los menores de edad dedican su tiempo a su formación académica, en niveles de primaria y secundaria; siendo que una vez estos finalizan optan por salir del área para continuar su preparación como profesionales o en su defecto continúan con el apoyo de su familia en el desarrollo de las actividades económicas del predio.

Las familias que habitan los predios identificados en la vereda Pallares, cuentan con zonas habitacionales de áreas con áreas que van desde los 50 m<sup>2</sup> a los 150 m<sup>2</sup>, en donde han establecido viviendas y bodegas para almacenamiento de insumos y producción. En éstas se cuenta con los servicios básicos, tales como energía eléctrica y en algunos predios con agua potable suministrada por un pequeño acueducto veredal, en los demás casos se realiza el abastecimiento a partir de almacenamientos subterráneos o a partir de cuerpos de agua cercanos. En el área se cuenta con servicio de aseo y se carece de sistema de alcantarillado; en relación al gas usan propano y en algunos casos leña.

En cuanto a las vías de acceso, se cuenta con una notable deficiencia debido a que son carretables que en temporada de lluvia se deterioran, generando condiciones intransitables, siendo entonces que se presentan dificultades tanto para el desplazamiento de la población, como para el transporte de animales y cosechas hasta las principales centrales de comercialización.

Sumado a lo anterior, se evidencia el abandono en el que se encuentra la vereda en relación al acompañamiento de instituciones gubernamentales, como es el caso de la alcaldía y sus dependencias, en las cuales no se cuenta con información actualizada sobre las condiciones sociales relacionadas con tenencia de tierras, organizacional y asistencia técnico-productiva.

Las condiciones socioeconómicas de gran parte de la población que reside en la vereda Pallares se encuentra basada en las producciones agropecuarias que generalmente son administradas por los padres, siendo que además han optado por la contratación de personal foráneo, especialmente en aquellos predios en los que se han establecido plantaciones de palma

de aceite, que requieren de personal especializado que gestione de manera óptima las condiciones de las explotaciones, garantizando la calidad del producto. Razón por la cual se considera que el área posee una importante oferta laboral, siendo que en cada uno de los predios se puede llegar a contar con incluso 7 u 8 empleados, de acuerdo a los sistemas de producción establecidos, y las capacidades y dimensiones de los mismos.

Además, en cuando al suministro de víveres para el autoconsumo se ha optado por la implementación de huertas caseras y aprovechamiento de animales de los sistemas avícolas y porcinos, lo cual disminuye los gastos destinados a la alimentación pues solo se realiza la compra de la despensa que no puede ser producida en los predios.

Por otro lado, el nivel de ingresos obtenidos puede ser variable debido a las regulaciones y precios establecidos por el mercado, y la oferta y demanda que se presentan en el momento del aprovechamiento de los sistemas agropecuarios, dado que en algunos casos la oferta es tanta que los precios de los alimentos se reducen, siendo entonces que se obtienen pérdidas económicas en lugar de beneficios.

#### **4.1.2 *Caracterización particular de los predios de acuerdo a los pozos identificados.***

Debido que, de los 20 predios presentes en la vereda Pallares, solo 5 cuentan con pozos de agua subterránea, los cuales se identificaron a través de la recopilación y análisis de información de cada una de las unidades productivas visitadas. Siendo que además se

identificaron elementos y condiciones que caracterizan cada uno de los predios, razón por la cual se realiza la siguiente descripción de cada uno de estos.

***Predio el rosal.*** El predio El Rosal pertenece a la familia Santiago. Esta cuenta con una extensión aproximada de 15 hectáreas y se encuentra localizada en las coordenadas 8.4890058 N, -73,6412953 W, a una altitud de 98 msnm.

En el predio de la familia Santiago se han establecido sistemas de producción pecuarios, donde la principal actividad consiste en la crianza, reproducción y producción de porcinos, los cuales tienen como finalidad la comercialización, y una pequeña parte es usada para el autoconsumo. Para el desarrollo de dicha explotación se han establecido áreas en donde se ha realizado la construcción de infraestructura por medio de las que se busca garantizar el correcto desarrollo y condiciones de salubridad para los individuos.

En cuanto a las características ambientales se tiene que el predio cuenta con dos estratos, siendo que se identifican individuos arbóreos dispersos y cobertura herbácea en la totalidad del predio, presentando un reducido porcentaje de suelos desnudos, y densidad de cobertura baja. Estos se encuentran conformados principalmente por frutales y algunos árboles maderables dentro de los que resaltan mangos, naranjos, teca, ceiba, caobos y matas de plátano.

En el predio se cuenta con medidas de manejo para la gestión de los residuos sólidos generados debido al desarrollo de actividades socioeconómicas, siendo que los inorgánicos son acopiados temporalmente en la espera del camión de la empresa de servicios públicos de La

Gloria - EMPOGLORIA, la cual es realizada una vez a la semana. Por otro lado, los residuos orgánicos provenientes de los excedentes de comida son usados para la alimentación de los cerdos criados en el predio o implementados para la generación de compostaje.

Las aguas residuales provenientes de los sistemas de explotación porcina son vertidos puntualmente sobre el suelo, y los residuos líquidos generados tras el desarrollo de las actividades domésticas son manejados mediante su disposición en los pozos sépticos que se han construido en los predios, dado principalmente que en la vereda no se cuenta con sistema de alcantarillado.

En cuanto al recurso hídrico se logró identificar que cerca discurren las aguas de la quebrada Besote; Sin embargo, el abastecimiento para el consumo humano es realizado a partir del aprovechamiento del agua contenida en el subsuelo, razón por la cual se realizó la construcción de un pozo por medio del cual se realiza la extracción del líquido.

Dicho pozo se encuentra construido en ladrillo, alcanzando una profundidad de 9 metros; Sin embargo, aunque el recurso contenido en este se implementa para el consumo humano no se cuenta con algún sistema de tratamiento que contribuya con su desinfección. Para la explotación de este se ha implementado una motobomba que genera la presión necesaria para lograr la extracción del agua del pozo profundo. Es importante resaltar que no se cuenta con la debida concesión otorgada por la autoridad ambiental competente, siendo entonces que se considera que la captación y/o aprovechamiento se realiza de bajo el riesgo de ser acreedores de sanciones por parte de Corpocesar.

**Figura 10**

*Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea.*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

La fuente de ingresos de la familia Santiago se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de las actividades pecuarias realizadas en el predio, la cual es ejecutada por los dos hijos mayores. Además, el nivel de ingresos depende básicamente del comportamiento del mercado, quien es el encargado de la regulación de los precios debido a las variaciones de la oferta y la demanda, por tanto, en algunas temporadas se logra la obtención de ganancias elevadas, y en otras los productores deben incluso asumir pérdidas, por lo que tienden a retardar los tiempos de aprovechamiento.

En cuanto a las características socioculturales, la familia se encuentra conformada por 7 miembros (el padre, la madre, 3 hombres entre los 18 a los 40 años, y dos mujeres de 25 y 33 respectivamente), los cuales habitan un área aproximada de 200 m<sup>2</sup>, en donde cuentan con

servicios de energía eléctrica, aseo domiciliario, hacen uso de leña y gas propano, y carecen de acueducto, alumbrado público y alcantarillado.

***Predio el paisa.*** El predio El Paisa pertenece a la familia Martínez. Esta cuenta con una extensión aproximada de 15 hectáreas y se encuentra localizada en las coordenadas 8.4858688 N, -73,6661361 W, a una altitud de 71 msnm.

En el predio de la familia Martínez se han establecido sistemas de producción pecuarios, donde la principal actividad consiste en la explotación de ganado vacuno, cuya finalidad corresponde a la comercialización, y una pequeña parte es usada para la reproducción y obtención de leche. Para el desarrollo de dicha explotación se realizó la delimitación de áreas en las cuales se han establecido las zonas de potreros, dado que se desarrolla como ganadería extensiva en una extensión aproximada de 7 hectáreas.

En cuanto a las características ambientales se tiene que el predio cuenta con dos estratos, siendo que se identifican individuos arbóreos dispersos y cobertura herbácea en la totalidad del predio, presentando un porcentaje de suelos desnudos medio y densidad de cobertura baja. Estos se encuentran conformados principalmente por frutales y palmeras, siendo que algunos de los individuos identificados corresponden con mango, limoncillo para el establecimiento de cercas vivas, matas de plátanos, cedros y teca.

En el predio se cuenta con medidas de manejo para la gestión de los residuos sólidos generados debido al desarrollo de actividades cotidianas, siendo que una parte de estos son

recolectados por la empresa de servicios públicos de La Gloria - EMPOGLORIA, la cual es la encargada de su tratamiento y disposición final. Por otro lado, los residuos orgánicos provenientes de los excedentes de comida son implementados para la generación de compostaje que posteriormente será usado abono para las plantas del jardín.

Las aguas residuales provenientes de los sistemas de explotación vacuna y avícola son vertidos puntualmente sobre el suelo, y los residuos líquidos generados tras el desarrollo de las actividades domésticas son manejados mediante su disposición final en los pozos sépticos que se han construido en el predio, debido a que en la vereda no se cuenta con sistema de alcantarillado. Una vez el pozo alcanza su estado de colmatación es sellado y se realiza la apertura de uno nuevo.

En cuanto al recurso hídrico se logró identificar que aproximadamente a 30 metros discurren las aguas de la quebrada Besote; Sin embargo, el abastecimiento para el consumo humano es realizado a partir del aprovechamiento del agua presente en el pozo profundo con el que se cuenta en el predio.

Dicho pozo se encuentra construido mediante el uso de cilindros de mortero armada, alcanzando una profundidad de 40 metros; El recurso contenido en este es explotado principalmente para el consumo humano, desarrollo de actividades domésticas y abrevadero animal. Sin embargo, no se cuenta con algún sistema de tratamiento que contribuya con su desinfección, por tanto, no se garantizar las condiciones mínimas requeridas para el consumo humano.

Por otro lado, para la explotación del recurso hídrico se ha implementado una motobomba que genera la presión necesaria para lograr la extracción del agua del pozo profundo. Es importante resaltar que no se cuenta el permiso o concesión para el uso y aprovechamiento del agua subterránea, la cual debería ser otorgada por la autoridad ambiental competente, siendo entonces que se considera que la captación se realiza bajo el riesgo de ser acreedores de sanciones por parte de Corpocesar.

### Figura 11

Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca El paisa.



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

La fuente de ingresos de la familia Martínez se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de las actividades pecuarias realizadas en el predio, la cual es ejecutada por el padre cabeza de hogar. Además, el nivel de ingresos depende básicamente del comportamiento del mercado, quien es el encargado de la regulación de los precios debido a las variaciones de la oferta y la demanda. Razón por la cual en algunas ocasiones se logra la obtención de ganancias elevadas.

En cuanto a las características socioculturales, la familia se encuentra conformada por 2 miembros (el padre, la madre), los cuales habitan un área aproximada de 100 m<sup>2</sup>, en donde cuentan con servicios de energía eléctrica, aseo domiciliario, hacen uso de leña para la preparación de sus alimentos, y carecen de acueducto, alumbrado público y alcantarillado.

Predio san José. El predio San José pertenece a la familia Peña. Esta cuenta con una extensión aproximada de 10 hectáreas y se encuentra localizada en las coordenadas 8.4852256 N, -73,6651842 W, a una altitud de 71 msnm.

En el predio de la familia Peña se han establecido sistemas de producción pecuarios, donde la principal actividad consiste en la explotación de ganado vacuno, cuya finalidad corresponde a la comercialización de carne. En este sentido se ha realizado el establecimiento de potreros y abrevaderos en áreas abiertas que logran una extensión aproximada de 8 hectáreas, en las que los individuos son producidos de manera extensiva.

En cuanto a las características ambientales, se ha realizado la identificación de tres estratos, conformados por árboles frutales y maderables dispersos, además de arbustos de porte bajo y cobertura herbácea tipo césped y para consumo de ganado. Dentro de la vegetación presente en el predio se reconocen individuos de mango, palmeras, limón, plátano, caracolí y corazón fino.

Para la gestión de los residuos sólidos se cuenta con acceso a servicio de aseo público domiciliario, el cual es prestado por la empresa de servicios públicos de La Gloria –

EMPOGLORIA, la cual se encarga del tratamiento y disposición final de los residuos inorgánicos, sin embargo y aunque en el predio se opta por el desarrollo de actividades de producción de compostaje, no se realiza separación en la fuente, por tanto una cantidad de los desechos orgánicos es dispuesta en el relleno sanitario, y la otra parte realmente se usa en la generación de abono, que posteriormente se usa para la fertilización de los huertos y jardines.

Las aguas residuales provenientes de los sistemas de explotación vacuna son vertidos puntualmente sobre el suelo, y los residuos líquidos generados tras el desarrollo de las actividades domésticas son manejados mediante su disposición final en el pozo séptico con el que se cuenta en el predio. Finalmente, las aguas grises son vertidas en los jardines, sin implementar alguna medida de manejo para la eliminación de tras contaminantes.

Cerca del predio se ha identificado el flujo de la quebrada Besote la cual puede presentar variaciones relacionadas con caudal promedio, siendo que en temporadas de sequía este se ve reducido, por tanto, se ha optado por hacer uso del agua obtenida del pozo profundo presente en la propiedad, la cual se implementa tanto para el consumo humano y actividades domésticas como para el suministro para los abrevaderos instalados para el ganado que integran el sistema productivo.

Dicho pozo se encuentra construido mediante el uso de cilindros de mortero armado, alcanzando una profundidad de 80 metros, y teniendo en cuenta que su explotación tiene como principal finalidad el consumo humano y animal se optó por la implementación de un sistema de

tratamiento por filtración a los 45 metros de profundidad, buscando garantizar las condiciones mínimas requeridas para el su aprovechamiento.

Por otro lado, para la explotación del recurso hídrico se ha implementado una motobomba que genera la presión necesaria para lograr la extracción del agua del pozo profundo y su posterior almacenamiento en un tanque. Además, con el objetivo de garantizar las condiciones mínimas de salubridad, se ha realizado la instalación de una plataforma en hormigón, que tiene como objetivo prevenir la generación de barrizales y focos de contaminación. Es importante resaltar que no se cuenta concesión para el uso y aprovechamiento del agua subterránea, siendo entonces que se considera que la captación se realiza bajo el riesgo de ser acreedores de sanciones por parte de Corpocesar.

### **Figura 12**

*Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca San José.*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022

La fuente de ingresos de la familia Peña se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de las actividades de explotación ganadera la cual es ejecutada por el padre y el hijo mayor, de quienes básicamente depende la obtención de ingresos para la subsistencia de los habitantes del predio. En cuanto al nivel de ingresos, se tiene que estos dependen de las variaciones de la oferta y la demanda presentados por los mercados en donde se realiza la compra de insumos y venta de producción.

En la Finca San José habitan 5 personas, de las cuales dos son menores de edad que ocupan su tiempo en su preparación académica en la escuela de la vereda, mientras que la madre se encarga de las labores domésticas y el padre y el hijo mayor se dedican a las actividades integradas a la explotación del ganado. Estos habitan en un área aproximada de 150 m<sup>2</sup>, en donde cuentan con servicios de energía eléctrica, aseo domiciliario, hacen uso de leña para la preparación de sus alimentos, y carecen de acueducto, alumbrado público y alcantarillado.

Predio san francisco. El predio San Francisco pertenece a la familia Pérez. Este posee una extensión aproximada de 15 hectáreas, y se encuentra localizada en las coordenadas 8.480461 N, -73,6572573 W, a una altitud de 74 msnm.

En el predio de la familia Pérez se han establecido sistemas de producción agropecuarios, donde la principal actividad consiste en la explotación de palma de aceite africano, razón por la que se implementan productos químicos necesarios para el manejo de plagas y enfermedades, dentro de los cuales se han identificado urea, NPK y cales, entre otros, cuyas plantaciones se realizan en una extensión aproximada de 9 hectáreas. Además, se desarrollan actividades de ganadería bovina y se cuenta con galpones de gallinas para la obtención de huevos y carne, que

tienen como finalidad el autoconsumo y la comercialización en los principales centros de abastecimiento comercial del municipio de Aguachica.

En cuanto a las características ambientales se tiene que el predio cuenta con tres estratos, siendo que se identifican individuos arbóreos dispersos, plantaciones de palma, arbustos pequeños y cobertura herbácea en la totalidad del predio; con lo cual se presenta un porcentaje de suelos desnudos bajo y densidad de cobertura media. Dentro de los individuos arbóreos identificados se encuentran pata de vaca, mango, limoncillos, mata ratón, caracolí, cañahuate, plátano y ceibas.

Para la disposición final de los residuos sólidos generados en el predio, se cuenta con el servicio de recolección de la empresa de servicios públicos del municipio de La Gloria, EMPOGLORIA; sin embargo, en ocasiones se realiza la incineración de estos, dado que la ruta de recolección es realizada una vez a la semana, y en otras ocasiones los excedentes de comida son implementados para la alimentación de los animales y fertilización de huertos con cultivos de pan coger.

Las aguas residuales provenientes de los sistemas de explotación vacuna y avícola son vertidos puntualmente sobre el suelo, que al igual que los residuos líquidos provenientes de las plantaciones de palma se infiltran sin un previo tratamiento que contribuya con la disminución de la carga contaminante. En cuanto a las aguas negras y grises que son producidas por las actividades domésticas cotidianas, son vertidas en el pozo séptico con el que se cuenta en la

propiedad, siendo que una vez el pozo alcanza su estado de colmatación es sellado y se realiza la apertura de uno nuevo.

En relación al recurso hídrico no se evidencia la presencia de un cuerpo de agua cercano, dado que la quebrada Besote se encuentra a aproximadamente 800 metros del predio, razón por la que el abastecimiento para el consumo humano y suministro para el sistema de riego de las plantaciones de palma es realizado a partir del aprovechamiento del agua presente en el pozo profundo con el que se cuenta en la propiedad.

Dicho pozo se encuentra construido mediante el uso de cilindros de mortero armada, alcanzando una profundidad de 80 metros; El recurso contenido en este es explotado principalmente para el consumo humano, desarrollo de actividades domésticas y abrevadero animal. Razón por la que se optó por implementar un sistema de tratamiento para realizar la filtración de los sedimentos presentes y de esta forma garantizar las condiciones mínimas requeridas.

Para la explotación del recurso hídrico se ha implementado una motobomba que genera la presión necesaria para lograr la extracción del agua del pozo profundo; Sin embargo, dado los requerimientos para el riego de las plantaciones de palma de aceite y con la intención de realizar el aprovechamiento del agua bajo el cumplimiento de la normatividad vigente, se adelantó ante la corporación autónoma del Cesar- Corpocesar, los trámites para la obtención de la concesión del agua subterránea.

Es importante mencionar que aun cuando el pozo cuenta con concesión para el aprovechamiento, no se garantizan las condiciones necesarias para asegurar que la calidad del recurso hídrico sea conservada y no generen afectaciones sobre la salud de los consumidores, dado que, aunque se haya realizado la construcción de una plataforma, cuya tapa son láminas de zinc en estado de oxidación, permitiendo la entrada de agentes contaminantes; Además, cerca de este se encuentran establecidos los establos en los que se albergan tanto ganado vacuno como insumos químicos.

### **Figura 13**

*Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca San Francisco.*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

La fuente de ingresos de la familia Pérez, se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de las actividades agropecuarias realizadas en el predio, la cual es ejecutada por el padre y los 5 hijos. Además, el nivel de ingresos depende básicamente del comportamiento y regulación de los precios de los productos debido a las variaciones de la oferta y la demanda.

En cuanto a las características socioculturales, la familia se encuentra conformada por 10 miembros (el padre, la madre, 5 hijos entre 25 a 40 años, 3 mujeres entre 24 y 37 años), los cuales habitan un área aproximada de 250 m<sup>2</sup>, en donde cuentan con servicios de energía eléctrica, aseo domiciliario, hacen uso de leña para la preparación de sus alimentos, y carecen de acueducto, alumbrado público y alcantarillado.

***Predio santa Mónica.*** El predio Santa Mónica pertenece a la familia Morales. Este posee una extensión aproximada de 8 hectáreas, y se encuentra localizada en las coordenadas 8.4825618 N, -73,6384374 W, a una altitud de 99 msnm.

En el predio de la familia Morales se han establecido sistemas de producción agropecuarios, donde la principal actividad consiste en la explotación de palma de aceite africano, razón por la que se ha optado por la implementación de productos químicos necesarios para el manejo de plagas y enfermedades, dentro de los cuales se han identificado urea, NPK y cales. En relación a las plantaciones son realizadas en una extensión aproximada de 5 hectáreas. Además, se desarrollan actividades de ganadería bovina, que tienen como finalidad la comercialización.

En cuanto a las características ambientales se tiene que el predio cuenta con tres estratos, siendo que se identifican individuos arbóreos dispersos, arbustos de porte bajo y cobertura herbácea en el 70% del predio; con lo cual se presenta un porcentaje de suelos desnudos medio. Dentro de los individuos arbóreos identificados se encuentran mango, plátano, cedro, sapan, y

abarco. Siendo que estos últimos tres cuentan con algún grado de vulnerabilidad dado el estado de conservación.

Para la disposición final de los residuos sólidos generados en el predio, se cuenta con el servicio de aseo público domiciliario, el cual es prestado por la empresa de servicios públicos del municipio de La Gloria, EMPOGLORIA; siendo que se realiza el acopio en un almacenamiento temporal en espera de la ruta de recolección, la cual es realizada una vez a la semana, en cuanto a los excedentes de comida son implementados para la alimentación de los animales y fertilización de huertos y jardines. Los residuos peligrosos (envases de agroquímicos), son recolectados por la UMATA vinculada al municipio, quienes se encargan de realizar su entrega a un gestor externo.

Las aguas residuales provenientes de los sistemas de explotación vacuna son vertidos puntualmente sobre el suelo, y al igual que los residuos líquidos provenientes de las plantaciones de palma se infiltran sin un previo tratamiento. En cuanto a las aguas negras producidas por las actividades domésticas, son dispuestas en el pozo séptico con el que cuenta la propiedad.

En relación al recurso hídrico no se evidencia la presencia de un cuerpo de agua cercano, razón por la que el abastecimiento para el consumo humano y suministro para el sistema de riego de las plantaciones de palma es realizado a partir del aprovechamiento del agua presente en el pozo profundo con el que se cuenta en la propiedad.

Dicho pozo se encuentra construido mediante el uso de cilindros de mortero armado, alcanzando una profundidad de 30 metros, cuyo recurso contenido es aprovechado principalmente para el consumo humano, desarrollo de actividades domésticas y abrevadero

animal. Sin embargo, no se cuenta con un sistema de tratamiento que garantice las condiciones mínimas requeridas.

Para la explotación del recurso hídrico se ha implementado una motobomba que genera la presión necesaria para lograr la extracción del agua del pozo profundo, realizando posterior almacenamiento en un tanque que luego provee de recurso el sistema de riego instalado en el área donde se encuentran establecidas las plantaciones de palma. Dicho pozo no cuenta con concesión para el uso y/o aprovechamiento del agua subterránea, el cual debería ser tramitado ante la autoridad ambiental competente, Corpocesar. Es importante mencionar que en el predio no se garantizan las condiciones necesarias para asegurar que la calidad del recurso hídrico sea conservada y no generen afectaciones sobre la salud de los consumidores, dado que, no se cuenta con el establecimiento de una plataforma o medidas de confinamiento y protección que prevenga el contacto con agentes contaminantes; Además, cerca de este se encuentran establecidas las plantaciones de palma, las cuales se ven expuestas a insumos químicos.

#### **Figura 14**

*Pozo profundo para aprovechamiento de agua subterránea Finca Santa Mónica.*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

La fuente de ingresos de la familia Morales, se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de las actividades agropecuarias realizadas en el predio, la cual es ejecutada por el padre y 1 hijo. Además, el nivel de ingresos depende básicamente del comportamiento y regulación de los precios de los productos en el mercado.

En cuanto a las características socioculturales, la familia se encuentra conformada por 4 miembros (el padre, la madre, 1 hombre de 33 años, 1 mujer de 28 y un niño de 9 años), los cuales habitan un área aproximada de 210 m<sup>2</sup>, en donde cuentan con servicios de energía eléctrica, aseo domiciliario, hacen uso de gas propano para la preparación de sus alimentos, y carecen de acueducto, alumbrado público y alcantarillado

## **4.2 Resultados Objetivo 2. Análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas subterráneas**

Para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras de agua subterránea perteneciente a los 5 predios en los cuales se identificó la presencia de pozos profundos de acuerdo a la muestra poblacional obtenida, se realizaron en dos fases diferentes, tal como se indica a continuación:

### **4.2.1 Toma de muestras**

Durante la fase de campo se realizó la visita de cada uno de los predios seleccionados, con la finalidad de realizar la toma de muestras de agua subterránea en cada uno de los predios, donde se aplicó el procedimiento para el muestreo de agua cruda contenida en pozos profundos,

para de esta forma lograr la determinación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de estas. Para el caso de este proyecto, se realizó un muestreo simple.

Inicialmente se realizó la purga de los pozos, siendo que la extracción de la muestra de agua después de realizar la purga de cada uno de los pozos mediante el bombeo de agua durante aproximadamente 10 minutos, de forma que se pudiera asegurar que la muestra tomada conservara la calidad real de la fuente de agua.

Se realizó la toma de dos muestras por cada pozo, siendo que aquella destinada a los análisis microbiológicos, siendo almacenada en bolsas estériles Whirl-PAK, como se presenta en las siguientes ilustraciones.

### Figura 15

*Bolsas estériles para análisis microbiológicos*



**Fuente** (CMLAB, s.f.).

**Figura 16.**  
*Toma de muestras para análisis microbiológicos*



Predio 1- El Rosal

Predio 5- Santa Mónica

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

En cuanto a la toma de muestras para los análisis fisicoquímicos se implementaron envases de polietileno de 1.5 litros de capacidad, los cuales se lavaron con agua destilada estéril, y posteriormente con agua del pozo a analizar, como se evidencia a continuación:

**Figura 17**

*Desinfección de*



**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

**Figura 18.**

*Toma de muestras para análisis fisicoquímicos*



Predio 2- El Paisa



Predio 3- San José.

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

#### ***4.2.2 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos***

Una vez obtenidas las muestras, fueron transportadas en cavas de icopor a las instalaciones del laboratorio de aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, buscando garantizar la calidad de las mismas, lo cual fue realizado en un tiempo menor a 3 horas.

Posterior al ingreso al laboratorio de aguas, se dio inicio a la segunda fase, en la cual se realizó la evaluación de la calidad del agua, por medio del análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de cada una de las muestras de agua subterráneas obtenidas de los pozos presentes en los predios seleccionados.

Teniendo en cuenta que la finalidad se encuentra relacionada con la evaluación de la calidad del agua subterránea para la verificación de su aptitud para el consumo humano, animal y uso agrícola, se realizaron los análisis enunciados en la Tabla 2, de acuerdo a la normatividad ambiental vigente (Resolución 2115 de 2007, Decreto 1594 de 1984).

**Tabla 2**

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados

ITEM	ANÁLISIS	UNIDAD
1	Fluoruros	mg/L F-
2	Nitratos	mg/L N-NO <sup>-3</sup>
3	Nitritos	mg/L N-NO <sup>-2</sup>
4	Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
5	Hierro	mg/L Fe
6	Fosfatos	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
7	Turbiedad	NTU
8	Color aparente	UPtCo
9	Cobre	mg/L Cu
10	pH	pH
11	Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>
12	Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>
13	Conductividad	μS/cm
14	Coliformes totales	UFC/100 mL
15	Escherichia coli	UFC/100 mL

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

### 4.3 Resultados Objetivo 3. Determinación del uso potencial del agua

Una vez obtenidos los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las muestras de agua subterránea obtenidas de los pozos identificados en los predios de la vereda Pallares, se dio paso a la siguiente fase del proyecto en el que se busca determinar el uso potencial de estas, por medio de su comparación con la normatividad ambiental vigente.

#### **4.3.1** *Análisis de normatividad vinculada a la calidad del recurso hídrico subterráneo.*

**Decreto 1594 de 1984.** En el decreto 1594 de 1984, se establecen los criterios de calidad como guía para la toma de decisiones sobre el ordenamiento, la asignación de usos al recurso y la determinación de las características del agua para cada uso.

En el **Artículo 29** se define el orden de prioridad que debe tenerse en cuenta para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, tal como se enuncia a continuación:

- Consumo humano y domestico
- Preservación de flora y fauna
- Uso agrícola
- Uso pecuario
- Uso recreativo
- Industrial
- Transporte

Por otro lado, es importante tomar en consideración las acciones que son incluidas dentro de cada uno de los posibles usos del agua, siendo entonces que de los artículos 30 al 36 se realiza la definición de las actividades que están incluidas dentro de cada uno de los posibles usos que se darán al recurso hídrico, tal como se presenta a continuación:

- **Consumo humano y doméstico.** Se considera que el desarrollo de actividades de fabricación o procesamiento de alimentos para su comercialización, preparación de bebidas o alimentos para consumo inmediato, satisfacción de actividades domésticas, de higiene personal y limpieza y fabricación de medicamentos, aditivos, cosméticos y productos similares (*Artículo 30*).
- **Preservación de fauna y flora.** El recurso hídrico se emplea para el desarrollo de actividades de mantenimiento de ecosistemas, sin alterar las condiciones de los mismos (*Artículo 31*).
- **Uso agrícola.** Cuando el recurso hídrico se emplea para la irrigación de cultivos y actividades complementarias (*Artículo 32*).
- **Uso pecuario.** El agua es empleada para el consumo animal, así como actividades conexas a esto (*Artículo 33*).
- **Fines recreativos.** De acuerdo al *Artículo 34*, se considera de esta manera para cuando se emplea en contacto primario (natación, buceo), o en contacto secundario (pesca y deportes náuticos).
- **Uso industrial:** Se emplea en actividades de manufactura, minería y generación de energía (*Artículo 35*).
- **Transporte:** El recurso es empleado para la navegación de cualquier tipo de embarcación, o para la movilización de materiales (*Artículo 36*).

En el *Artículo 38* se establecen los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso al consumo humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere tratamiento convencional, tal como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

*Valores máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico*

Referencia	Expresado como	Valor
Cobre	Cu	1.0
Color	Color real	75 unidades, escala Platino – cobalto
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	1.0
pH	Unidades	5.0 - 9.0 unidades
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	400

**Nota** En la tabla 3 se describen exclusivamente aquellos análisis de interés para el proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la fase de laboratorio **Fuente.** Decreto 1594 de 1984.

En el **Artículo 39** se establecen los valores máximos permisibles para destinar el recurso hídrico para el consumo humano y doméstico, para lo cual se debe implementar medidas de tratamiento desinfección, tal como se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

*Valores máximos permisibles para el consumo humano y uso doméstico*

Referencia	Expresado como	Valor
Cobre	Cu	1.0
Color	Color	20 unidades, escala Platino – cobalto
Nitratos	N	10.0
Nitritos	N	10
pH	Unidades	6.5-8.5 unidades
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	400
Turbiedad	UJT	10 UJT

**Nota.** En la tabla 4 se describen exclusivamente aquellos análisis de interés para el proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la fase de laboratorio **Fuente.** Decreto 1594 de 1984.

En el **Artículo 40** se enuncian los valores admisibles para la destinación del recurso al uso agrícola, como se presenta en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Valores máximos permisibles para el uso agrícola.*

Referencia	Expresado como	Valor
Cobre	Cu	0,2
Hierro	Fe	5.0
pH	Unidades	4.5-9.0 unidades
Coliformes totales	NMP	<5.000
E. coli	NMP	<1.000

**Nota.** En la tabla 5 se describen exclusivamente aquellos análisis de interés para el proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la fase de laboratorio **Fuente.** Decreto 1594 de 1984.

En el **Artículo 41** se establecen los valores relacionados con la calidad admisible para destinar el recurso hídrico al uso pecuario.

**Tabla 6**

*Valores máximos permisibles para el uso pecuario.*

Referencia	Expresado como	Valor
Cobre	Cu	0,5
Nitratos	N	100
Nitritos	N	10

**Nota.** En la tabla 6 se describen exclusivamente aquellos análisis de interés para el proyecto, de acuerdo a los resultados obtenidos durante la fase de laboratorio. **Fuente.** Decreto 1594 de 1984.

**Resolución 2115 de 2007.** Resolución 2115 de 2007 en el cual se establecen las características, instrumentos básicos y tiempos relacionados con el sistema de control y vigilancia para garantizar la calidad del agua para el consumo humano, estableciendo los límites máximos permisibles para que el recurso sea apto.

En el Capítulo II, **Artículo 2** se establecen los valores máximos permisibles de las características físicas, las cuales definen la aptitud del agua para su aprovechamiento para el consumo humano, tal como se establece en la tabla 7.

**Tabla 7**

*Valores máximos permisibles para el consumo humano.*

Referencia	Expresado como	Valor
Color aparente	UPC	15
Turbiedad	UNT	2

**Fuente.** Resolución 2115 de 2007.

Además, se establece que el valor máximo aceptable para la conductividad poder ser de 1000 microsiemens/cm. En los casos en que este valor se aumente en hasta un 50% deberá realizarse la verificación de los niveles de solidos disueltos y su fuente de procedencia. En cuanto al potencial de hidrogeno pH, el valor máximo permisible para el consumo humano relacionado con dicha característica deberá estar entre 6,5 y 9,0.

Las características químicas son consideradas debido a que pueden generar afectaciones sobre la salud humana, siendo entonces que los valores máximos permisibles corresponden a los enunciados en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Valores máximos permisibles para el consumo humano.*

Referencia	Expresado como	Valor (mg/L)
Cobre	Cu	1,0
Nitritos	NO <sub>2</sub>	0,1
Nitratos	NO <sub>3</sub>	10
Fluoruros	F <sup>-</sup>	1,0
Alcalinidad	CaCO <sub>3</sub>	200
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	300
Hierro	Fe	0,3
Sulfatos	SO <sub>4</sub>	250
Fosfatos	PO <sub>4</sub>	0,5

**Fuente:** Resolución 2115 de 2007.

En cuanto a los valores máximos permisibles relacionados con las características microbiológicas, en el Título III, Artículo 11, se establece que para el consumo humano se han definido de acuerdo a los límites de confianza del 95% y para técnicas con habilidad de detección dese 1 unidad formadora de colonia (UFC).

**Tabla 9**

*Valores máximos de las características microbiológicas permisibles para el consumo humano.*

Referencia	Expresado como	Valor (UFC/100 mL)
Coliformes totales	UFC	0
Escherichia coli	UFC	0

**Fuente.** Resolución 2115 de 2007.

#### **4.3.2 Evaluación de la calidad del agua de acuerdo con la normatividad.**

##### ***Consumo humano y uso doméstico.***

***Características microbiológicas.*** Se consideran como Coliformes totales a aquellos microorganismos que pueden provenir del suelo, y de superficies de agua dulce, siendo entonces que no en la totalidad de los casos proviene de residuos intestinales. La presencia de Coliformes totales son indicio de contaminación (IDEAM, 2007).

La presencia de Escherichia coli en el agua se comporta como un indicador de contaminación fecal, debido a que este microorganismo suele habitar normalmente el tracto digestivo de animales; Siendo entonces que extrañamente se encuentran presentes en el recurso hídrico sin que este haya padecido algún tipo de contaminación por aporte de heces. Es por esto

que se considera como indicador universal. La aparición de este genera una alerta, debido a que su presencia por si sola puede generar gastroenteritis y causar la muerte, o en su defecto puede sugerir la presencia de otros microorganismos altamente patógenos (IDEAM, 2007).

**Tabla 10**

Características microbiológicas.

Analisis	Dec 1594/84	Res 2115/07	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
<b>Coliformes totales (UFC/100 mL)</b>	N.A (No Aplica)	0	53	>300	20	>300	58
<b>Escherichia coli (UFC/100 mL)</b>	N.A (No Aplica)	0	27	9	8	87	11

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

Teniendo en cuenta los valores de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 en relación los Coliformes totales en agua para consumo humano y uso domésticos; y de acuerdo con los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua subterránea de los 5 predios con presencia de pozos profundos. El recurso hídrico en la totalidad de las propiedades se encuentra afectado por la presencia de los microorganismos, siendo estos un marcador de contaminación.

Partiendo que la Resolución 2115 de 2007 indica que el valor máximo permisible en relación con la presencia de Escherichia coli en el agua para consumo humano corresponde a cero unidades formadoras de colonia – UFC/ 100 mL

En este sentido, se puede determinar que, ninguno de los 5 predios cumple con los valores límite establecidos en la normatividad, dado que se encuentran por encima de lo recomendado y permitido en la búsqueda de garantizar las menores afectaciones posibles sobre la salud humana, dado que se identifican *Escherichia coli* y coliformes totales, en las muestras analizadas, siendo esto un indicador de contaminación del agua por aporte de heces u otros microorganismos patógenos. *Características fisicoquímicas.*

**Tabla 11***Características fisicoquímicas*

Analisis	Dec. 1594/84	Res. 2115/07	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
Color aparente (UPC)	N/A	15	8	10	11	8	10
Turbiedad (NTU)	190	2	1,03	0,82	1,08	1,03	1,94
Nitritos (mg/L)	1.0	0,1	0,228	0,283	0	0,13	0,065
Nitratos (mg/L)	10	10	1,936	7,744	13,552	34,848	3,872
Sulfatos (mg/L SO42-)	400	250	0	5	1	2	1
pH (pH)	6.5-9,0	6.5-9,0	6,49	6,51	6,59	6,69	6,44
Alcalinidad (mg/L CaCO3)	N.A (No Aplica)	200	82,5	93,5	75	77	89,5
Dureza total (mg/L CaCO3)	N.A (No Aplica)	300	75,8	78,7	72,9	61	79,1
Hierro (mg/L)	N.A (No Aplica)	0,3	0,04	0,08	0,08	0,23	0,03
Fosfatos (mg/L PO43-)	N.A (No Aplica)	0,5	0,51	0,41	0,72	1,16	0,47
Cobre (mg/L)	1.0	1.0	0,02	0	0	0,07	0
Conductividad (µS/cm)	N.A (No Aplica)	1000	176	180	159	146	182
Fluoruros (mg/L F-)	N.A (No Aplica)	1	0,43	0,87	0,52	0,46	0,53

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

**Color aparente.** El color es un parámetro organoléptico que puede ser un referente para la calidad del agua de consumo humano, y se encuentra relacionado con las sustancias disueltas y las partículas en suspensión que podría contener. La medición del color es importante para establecer los niveles de materia orgánica que se encuentran en el agua, debido a que su presencia es un potencial factor de riesgo para la aparición de subproductos nocivos (Osorio & Martínez, 2018).

Teniendo en cuenta que la Resolución 2115 de 2007 establece 15 unidades platino cobalto UPC, como valor máximo permisible para el Color Aparente, se logra establecer que las muestras obtenidas de los 5 pozos perforados identificados en los predios ubicados en la vereda Pallares cumplen con lo dispuesto para dicho parámetro físico, siendo que todos los valores se encuentran por debajo de los límites relacionados en la legislación vigente. Esto además demuestra que las muestras poseen un bajo porcentaje de sustancias disueltas.

**Turbiedad.** Es una medida que indica la opacidad o brumosis de los líquidos. Cuando el agua presenta altos niveles de turbiedad, se tiene indicación de la presencia mayor de material particulado en suspensión en el agua, lo que aumenta la probabilidad de resguardo de bacterias, virus, protozoos, etc. (IDEAM, 2007).

De acuerdo a lo establecido tanto en la resolución 2115 de 2007 como el decreto 1594 de 1984, en el que se establece que el valor máximo permisible para la turbidez corresponde a 2 y 190 Unidades Nefelométrías de turbidez- UNT, se logra evidenciar que las muestras de aguas subterránea obtenida de los 5 predios de estudio ubicados en la vereda Pallares cumplen con los

límites óptimos para el consumo humano, siendo que además se puede considerar que estas presentan bajos niveles de material particulado suspendido.

En la tabla 11 se presentan los niveles de turbidez presentes en las muestras de agua subterránea de los predios en comparación con la normatividad vigente, siendo que de acuerdo con el decreto 1584 de 1984 todos los predios se encuentran muy por debajo de los límites permisibles; Sin embargo, en relación con la resolución 2115 de 2007, la finca 5- Santa Mónica justo sobre el límite máximo admisible tal como se evidencia a continuación.

**Nitritos.** Los nitritos no suelen estar presentes en fuentes de agua en concentraciones superiores a 1 mg/L, siendo que por lo generalmente en aguas subterráneas su nivel tiende a ser menor de 0.1 mg/L. la aparición de nitritos en las muestras de agua indica procesos biológicos activos en el agua, debido a que este es fácil de ser convertido en nitrato (IDEAM, 2009).

De acuerdo con los valores máximos permisibles de nitritos establecidos en la normatividad aplicable al aprovechamiento de agua subterránea para consumo humano, se considera que de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 de las muestras de obtenidas de los pozos de las fincas ubicadas en la vereda Pallares, solo en el predio 3 y 5 las concentraciones dan cumplimiento con los parámetros aceptables para el uso del recurso. Caso contrario a lo identificado en los predios El Rosal (finca 1), El paisa (finca 2) y San Francisco (finca 4), cuyos niveles superan los 0,1 mg/L.

En cuanto a lo establecido en el decreto 1594 de 1984, todos los predios cumplen con las condiciones requeridas para su aprovechamiento para consumo humano y doméstico, dado que las concentraciones presentadas son menores a 1,0 mg/L.

Además, se puede inferir que en los predios 1, 2 y 4 se encuentra contaminada por aporte de contaminantes fecales recientes. En este sentido deberán implementarse sistemas de tratamiento previos a su consumo.

**Nitratos.** Los nitratos son compuestos que se encuentran presentes en la naturaleza y forman parte del ciclo del nitrógeno. Este corresponde a la forma oxidada estable de dicho ciclo. Generalmente la concentración de nitrato presente en aguas subterráneas suele ser baja, sin embargo, puede elevarse debido a la filtración o escorrentía de tierras agrícolas, o por la contaminación por residuos humanos o animales como consecuencia de la oxidación del amoníaco y fuentes similares (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2013).

De acuerdo con lo establecido en la normatividad aplicable al aprovechamiento de agua para consumo humano, se considera que de acuerdo con lo expresado tanto en la resolución 2115 de 2007 como en el decreto 1594 de 1984, de las muestras de obtenidas de los pozos de las fincas ubicadas en la vereda Pallares, en los predios 1, 2 y 5 concentraciones dan cumplimiento con los parámetros aceptables para el uso del recurso. Caso contrario a lo identificado en los predios San José (finca 3) y San Francisco (finca 4), cuyos niveles superan los 10 mg/L.

Teniendo en cuenta que la presencia de nitratos en el agua es un indicador de contaminación por escorrentía de residuos agrícolas o trazas de materia orgánica provenientes de residuos fecales, se establece que en las muestras pertenecientes a los predios 3 y 4 presentan concentraciones por encima de lo recomendado, aun cuando estos se encuentran presentes en la totalidad de los pozos analizados.

**Sulfatos.** Los sulfatos se pueden encontrar de forma natural en el agua, debido a la disolución de materiales presentes en el terreno, generalmente no se relacionan con agente contaminantes antropogénicos. Sin embargo, pueden presentarse debido al vertimiento de residuos generados durante actividades industriales. Aunque los sulfatos no se consideran tóxicos, la ingesta de altas concentraciones puede causar deshidratación por afectaciones gastrointestinales. Además, su sabor es amargo y poco agradable para los consumidores (Ministerio de Salud Pública, 1998).

De acuerdo con lo establecido en la normatividad ambiental vigente, los valores máximos permisibles relacionados con la presencia de sulfatos en el agua para consumo humano no deben exceder los 250 mg/L (resolución 2115 de 2007) o 400 mg/L (decreto 1594 e 1984). En este sentido y conforme a lo presentado en la tabla 11, se infiere que la concentración de sulfatos identificadas en las muestras de agua analizadas para los 5 predios cumple con lo recomendado para su aprovechamiento.

Los valores registrados, demuestran que los 5 predios presentan bajos niveles de concentración de sulfatos, por lo cual se puede establecer que en el caso del predio 1, 3 y 5, los

niveles se encuentran por debajo de 1,0 mg/L, siendo entonces que se encuentran expuestos en menor magnitud a posibles filtraciones de la disolución de los materiales que componen el suelo.

**pH.** La medición del pH se realiza con la finalidad de reconocer la intensidad de la acidez, la basicidad o la alcalinidad del agua; en este sentido se considera que este no es indicador de la cantidad de compuestos ácidos o alcalinos que se encuentran presentes en el agua, sino la fuerza que estos poseen (García, 2013). Así pues, en los casos en los que el recurso posee un pH 7 se considera como neutra, y por lo tanto su acción química es considerada débil; en cambio cuando el pH es mayor (alcalina) o menor (ácida) que 7, se infiere que esta adquiere mayor capacidad para descomponer o disolver (Delgado, 1956)

De acuerdo con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 y decreto 1594 de 1984, en la que se establece que el valor máximo permisible relacionado con el potencial de hidrogeno presente en el agua debe encontrarse entre 6,5 a 9,0; se infiere que las muestras asociadas a la finca 1 (El Rosal) y finca 5 (Santa Mónica) se encuentran por fuera del rango aceptable, mientras que los predios 2, 3 y 4 cumplen con lo expuesto en la legislación para considerar que el agua es apta para consumo humano.

Por otro lado, las muestras de agua subterránea analizadas poseen compuestos con mayor capacidad para la descomposición o disolución que otros compuestos, siendo que el nivel de potencial de hidrogeno que poseen las muestras, además da indicación de la acidez del agua analizada.

**Alcalinidad.** La alcalinidad se considera como la capacidad que posee el agua para neutralizar los ácidos, y corresponde a la suma de la totalidad de las bases titulables. Su valor puede variar de acuerdo con el nivel de pH. Generalmente puede interpretarse en términos de sustancias solo en aquellos casos en los que se conoce la composición química de la muestra analizada (Ideam, 2005).

En ocasiones es relacionada con el contenido de boratos, carbonatos, fosfatos, hidróxido, silicatos o bicarbonatos, siendo entonces que se considera como un indicador de la concentración que dichas características poseen (Ideam, 2005).

Así pues, de acuerdo con lo establecido en la resolución 2115 de 2007 en relación con los valores máximos de alcalinidad aceptables en el agua para el consumo humano y doméstico, y de acuerdo con lo expuesto en la tabla 11, se infiere que para las 5 muestras correspondientes a los pozos analizados en los predios ubicados en la vereda Pallares cumplen con lo indicado en la normatividad vigente, dado que no superan los 200 mg/L.

Así pues, se evidencia el cumplimiento de la normatividad en términos de alcalinidad, siendo entonces además se puede considerar que cuenta con una capacidad media de amortiguación de ácidos, siendo entonces que el pH variara con mayor facilidad ante la presencia de un ácido.

**Dureza total.** La dureza de un líquido es generada por presencia de iones metálicos divalentes, los cuales reaccionan ante la presencia jabones formando de esta manera precipitados.

Se considera que en cuanto al consumo humano tener aguas duras o blandas no generan mayor afectación, sin embargo, en relación con el uso doméstico, el agua dura puede generar mayor dificultad a la hora de lavado dada la baja capacidad de producir espumas (IDEAM, 2007).

En la resolución 2115 de 2007 se establece que el valor máximo permisible en cuanto a la dureza total del agua para consumo humano y uso doméstico no debe superar los 300 mg/L, por lo cual y de acuerdo con lo presentado en la tabla 11, las muestras analizadas para los 5 predios presentan bajos niveles de dureza, por tanto, se infiere que se cumple con lo dispuesto por la normatividad, dado que presentan valores menores a 300 mg/L.

En cuanto a los niveles máximos permisibles relacionados con la dureza total para el aprovechamiento del recurso hídrico para el consumo humano y uso doméstico. Además, se establece que dado que los niveles de dureza total presentado por las muestras obtenidas de los pozos pertenecientes a los predios de la vereda Pallares son menores a 79 mg/L el agua es muy blanda.

**Hierro.** El hierro es uno de los minerales con mayor presencia en la tierra, siendo que además es muy común encontrarlo presente en cuerpos de agua subterránea y no representa peligro para la salud humana; Sin embargo, que el agua contenga altas concentraciones de hierro puede generar afectaciones relacionadas con el sabor y el olor (Trueque B, 2019).

De acuerdo con lo establecido a en la resolución 2115 de 2007 y los resultados presentados, se establece que las muestras de agua analizadas para los 5 predios presentan

concentraciones de hierro por debajo de los valores máximos permisibles correspondientes a 0,3 mg/L, siendo entonces que se cumple con las características necesarias para el aprovechamiento del recurso hídrico para el consumo humano y uso doméstico en relación con la presencia de hierro.

De acuerdo con lo anterior, los niveles de concentración de hierro presente en las muestras de agua obtenidas de los pozos presentes en los predios de seleccionados en la vereda Pallares, de los cuales se evidencia homogeneidad en cuanto a esta característica analizada; sin embargo, para la Finca 4- San Francisco se presentan mayores concentraciones de hierro, lo cual podría generar afectaciones sobre el recurso.

**Fosfatos.** Los fosfatos son compuestos a base de oxígeno y fosforo, siendo que además poseen carga eléctrica, los cuales se encuentran presentes generalmente en los cuerpos de agua. Además, se considera que estos contribuyen con el crecimiento y proliferación de microorganismos, dentro de las que se consideran las algas (IDEAM, 2013).

En base a lo establecido en la resolución 2115 de 2007, en la que se establece que el valor máximo aceptable de fosfatos presentes en el agua para consumo humano debe ser inferior a 0,5 mg/L, se evidencia que para las muestras correspondientes a los predios 1, 3 y 4, los presentan valores superiores a los aceptables para el aprovechamiento del recurso para el consumo humano, dado que las concentraciones de fosfatos presentes en el agua superan los 0,5 mg/L aceptables, siendo de 0,51 mg/L para la Finca 1 (El Rosal), 0,72 mg/L para el predio 3 (San José) y 1,16 mg/L para la finca 4.

Caso contrario a lo evidenciado para las muestras de agua de la finca 2 (El Paisa) y finca 5 (Santa Mónica), en las que las concentraciones de fosfatos no superan los 0,5 mg/L establecidos como valor máximo permisible, siendo entonces que efectivamente se cumplen con los requerimientos relacionados con dicha característica del agua.

**Cobre.** Generalmente el cobre es identificado en la naturaleza ya sea conformando compuestos como sulfatos, óxidos y carbonatos o en su forma elemental. Su presencia no es garantía de afectaciones sobre la salud humana, siendo que en altas concentraciones solo se perciben variaciones en cuanto al sabor del agua, lo que se relaciona con la posible toxicidad del cobre (Orellana, 2005).

En los casos en los que se identifica presencia de cobre en el agua, sus concentraciones suelen ser bajas, encontrándose entre 1 y 100 µg/L. Este se relaciona principalmente con aguas ricas en sustancias y compuestos húmicos, es decir, ricas en materias orgánicas (Marín, 2013).

Teniendo en cuenta que la normatividad vigente, en la que se establece que el valor máximo permisible relacionado con la concentración de cobre en el agua para destinada al consumo humano no debe superar 1 mg/L, se logra establecer que el agua subterránea de los 5 predios cumple con los valores máximos permisibles de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 y decreto 1594 de 1984.

De lo anterior se infiere que en los predios 2, 3 y 5 no hay presencia de trazas de cobre, y en las fincas 1 y 4 las concentraciones son bajas, con lo cual se puede considerar que el agua de los pozos analizados presenta nula o baja presencia de sustancias húmicas.

**Conductividad.** La conductividad se encuentra relacionada con la capacidad que posee el agua para conducir la corriente eléctrica, y depende principalmente de la concentración de sales que se encuentran disueltas en el líquido. Estas pueden variar de acuerdo al tipo de material del que se encuentre conformado el suelo por el cual discurre el agua. Por otro lado, la conductividad suele relacionarse con la presencia de sólidos disueltos (SYSCOL CONSULTORES S.A.S, 2015).

Teniendo en cuenta que la resolución 2115 de 2007 establece que el valor máximo de conductividad permisible para el aprovechamiento del agua para el consumo humano y uso doméstico corresponde a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se determina que las muestras analizadas para los 5 pozos identificados cumplen con la normatividad, dado que los resultados de los análisis realizados no superan los 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo que para la totalidad de los predios el nivel de conductividad se encuentra entre 146  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Finca 4) a 180  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . de lo cual además se establece que esta posee una reducida cantidad de sales presentes, con lo cual la capacidad del recurso de conducir corriente eléctrica es baja.

**Fluoruros.** Los fluoruros son compuestos químicos que cuentan con flúor, el cual es un elemento halógeno encontrado naturalmente en el agua. Diversos estudios han demostrado que la presencia de fluoruros en el agua puede aumentar las incidencias en casos de fracturas Oseas por osteoporosis. Generalmente el agua subterránea no contiene más de 0.3 mg/L de fluoruros, excepto en los casos en los que se ven afectadas por el vertimiento de residuos industriales o aguas negras.

De acuerdo con lo establecido en la resolución 2115 de 2007, los niveles máximos permisibles para la concentración y/o presencia de fluoruros en agua para consumo humano no debe exceder 1 mg/L. En este sentido y de acuerdo con lo presentado en la tabla 11, se evidencia que las muestras de agua analizadas para cada uno de los predios poseen concentraciones por debajo de los límites establecidos en la normatividad, siendo que se encuentran entre los 0,43 mg/L (Finca 1) y 0,87 mg/L (Finca 2). Además, se identifica que en la totalidad de los predios se superan los 0,3 mg/L de fluoruros, lo cual podría relacionarse con vertimientos o infiltración de aguas residuales domésticas.

**Uso agrícola.** Para la determinar la calidad del agua para el uso en el desarrollo de actividades agrícolas se realizó la evaluación de los resultados obtenidos para las 5 muestras de agua subterránea en base a los valores máximos permisibles establecidos en el decreto 1594 de 1984.

**Tabla 12**

*Cumplimiento de normatividad para uso agrícola*

Analisis	Dec. 1594/84	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
<b>Cobre (mg/L)</b>	0,2	0,02	0	0	0,07	0
<b>Hierro (mg/L)</b>	5,0	0,04	0,08	0,08	0,23	0,03
<b>pH (pH)</b>	4.5-9,0	6,49	6,51	6,59	6,69	6,44

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

**Cobre.** En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua subterránea, y su comparación con la normatividad vigente, en la que se establece que el

valor máximo permisible relacionado con la concentración de cobre en el agua para destinada el uso agrícola no debe superar los 0,2 mg/L.

De dicha comparación se logra establecer que el agua subterránea de los 5 predios cumple con los valores máximos permisibles de acuerdo con el decreto 1594 de 1984, pues las concentraciones no superan los 0,2 mg/L. Así mismo, se infiere que las muestras de agua de los pozos analizados presentan nula o baja presencia de sustancias húmicas, siendo entonces que se consideran aptas para el aprovechamiento en el desarrollo de actividades agrícolas.

**Hierro.** De acuerdo con lo establecido a en el decreto 1594 de 1984 y los resultados presentados en la tabla 26, se establece que las muestras de agua analizadas para los 5 predios presentan concentraciones de hierro por debajo de los valores máximos permisibles correspondientes a 5,0 mg/L, siendo entonces que se cumple con las características necesarias para el aprovechamiento del recurso hídrico para uso pecuario en relación con la presencia de hierro. Se evidencia que existe homogeneidad en cuanto a esta característica analizada; sin embargo, para la Finca 4- San Francisco se presentan mayores concentraciones de hierro.

**pH.** De acuerdo con lo establecido en el decreto 1594 de 1984, en la que se establece que el valor máximo permisible relacionado con el potencial de hidrogeno presente en el agua debe encontrarse entre 4,5 a 9,0; se infiere que la totalidad de los predios cumple con los expuesto en la legislación para considerar que el agua es apta para uso agrícola.

Por otro lado, las muestras de agua subterránea analizadas poseen compuestos con mayor capacidad para la descomposición o disolución que otros compuestos, siendo que el nivel de potencial de hidrogeno que poseen las muestras da indicación de la acidez del agua analizada.

**Uso pecuario.** Para la determinar la calidad del agua para el uso pecuario se realizó la evaluación de los resultados obtenidos para las 5 muestras de agua subterránea en base a los valores máximos permisibles establecidos en el artículo 41 del decreto 1594 de 1984.

**Tabla 13**

*Cumplimiento de normatividad para uso pecuario.*

Analisis	Dec. 1594/84	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4	Finca 5
<b>Cobre (mg/L)</b>	0,5	0,02	0	0	0,07	0
<b>Nitritos (mg/L)</b>	10	0,228	0,283	0	0,13	0,065
<b>Nitratos (mg/L)</b>	100	1,936	7,744	13,552	34,848	3,872

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022.

**Cobre.** En la tabla 13 se presentan los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua subterránea, y su comparación con la normatividad vigente, en la que se establece que el valor máximo permisible relacionado con la concentración de cobre en el agua para destinada el uso pecuario no debe superar los 0,5 mg/L.

De dicha comparación se logra establecer que el agua subterránea de los 5 predios cumple con los valores máximos permisibles de acuerdo con el decreto 1594 de 1984, pues las

concentraciones no superan los 0,5 mg/L. Además, se infiere que las muestras de agua de los pozos analizados presentan nula o baja presencia de sustancias húmicas, siendo entonces que se consideran aptas para el aprovechamiento en el desarrollo de actividades pecuarias.

**Nitritos.** De acuerdo con los valores máximos permisibles de nitritos establecidos en el decreto 1594 de 1984 con relación al aprovechamiento de agua subterránea para uso pecuario, se considera que las muestras de obtenidas de los pozos de las fincas ubicadas en la vereda Pallares, cumplen con los parámetros aceptables para el uso del recurso.

**Nitratos.** De acuerdo con lo establecido en la normatividad aplicable al aprovechamiento de agua para uso pecuario, se considera que de acuerdo a los expresado en el decreto 1594 de 1984, de las muestras de obtenidas de los pozos de las fincas ubicadas en la vereda Pallares, en la totalidad de los predios las concentraciones dan cumplimiento con los parámetros aceptables para el uso del recurso. La presencia de nitratos en el agua es un indicador de contaminación por escorrentía de residuos agrícolas o trazas de materia orgánica provenientes de residuos fecales.

#### **4.3.3** *Determinación del uso potencial del agua subterránea.*

Una vez obtenida la evaluación de la calidad del agua perteneciente a los pozos de agua subterránea de los predios identificados en la vereda Pallares en función del cumplimiento de la normatividad vigente para el uso y aprovechamiento del recurso (**Resolución 2115 de 2007, Decreto 1594 de 1984**), se continua con la determinación del uso potencial del agua, partiendo de las actividades socioeconómicas identificadas en las propiedades en estudio.

*Finca 1- El Rosal.***Tabla 14.***Determinación de uso potencial del agua – Finca 1.*

ANÁLISIS	Resultados FINCA 1	Resolución 2115/2007	Decreto 1594/84	Cumplimiento	Decreto 1594/84	Cumplimiento	Decreto 1594/84	Cumplimiento
				Consumo humano y uso doméstico		Uso agrícola		Uso pecuario
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,43	1.0	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Nitratos</b>	1,936	10	10	Si	-	N. A	100	Si
<b>Nitritos</b>	0,228	0,1	1.0	No	-	N. A	10	Si
<b>Sulfatos</b>	0	250	400	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Hierro</b>	0,04	0,3	-	Si	5,0	Si	-	N. A
<b>Fosfatos</b>	0,51	0,5	-	No	-	N. A	-	N. A
<b>Turbiedad</b>	1,03	2	190	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Color aparente</b>	8	15	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Cobre</b>	0,02	1,0	1.0	Si	0,2	Si	10	Si
<b>pH</b>	6,49	6,5-9,0	5.0-9.0	No	4.5-9.0	Si	-	N. A
<b>Alcalinidad</b>	82,5	200	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Dureza total</b>	75,8	300	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Conductividad</b>	176	1000	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Coliformes totales</b>	53 UFC/100 mL	0	-	No	5000 NMP/100 mL	No	-	-
<b>E. coli</b>	27 UFC/100 mL	0	-	No	5000 NMP/100 mL	No	-	-

**Fuente:** Autores del proyecto, 2022

De acuerdo con lo presentado en la tabla 31, y basados en el cumplimiento de la normatividad (Decreto 1594 de 1984), el agua subterránea contenida en el pozo de la finca 1- El Rosal, es apto para el uso en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, siempre y cuando se implemente un tratamiento para la desinfección, con la finalidad de disminuir la presencia de Coliformes totales y Escherichia Coli.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el recurso posee concentraciones elevadas de nitritos y fosfatos, y bajos niveles de pH; así como presencia de Coliformes totales y Escherichia coli, partiendo de los valores permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y Decreto 1594 de 1984, se considera que el agua subterránea presente en la finca El Rosal no es apta para el consumo humano y uso doméstico; Sin embargo, la implementación de sistemas tratamiento cuya principal finalidad sea la desinfección del agua, permitirán garantizar las condiciones reglamentadas para el consumo humano. Esto dado que, se evidencian afectaciones por aportes de contaminantes orgánicos que pueden estar relacionados con vertimientos de heces.

Es importante establecer que en el predio se implementa el recurso para el abastecimiento animal y consumo humano.

*Finca 2- El paisa.***Tabla 15***Determinación de uso potencial del agua – Finca 2*

ANÁLISIS	Resultados FINCA 2	Resolución 2115/20 07	Decreto 1594/ 84	Cumplimiento	Decreto	Cumplimiento	Decreto	Cumplimiento
				Consumo humano y uso domestico	1594/ 84	Uso agrícola	1594/ 84	Uso pecuario
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,87	1.0	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Nitratos</b>	7,744	10	10	Si	-	N. A	100	Si
<b>Nitritos</b>	0,283	0,1	1.0	No	-	N. A	10	Si
<b>Sulfatos</b>	5	250	400	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Hierro</b>	0,08	0,3	-	Si	5,0	Si	-	N. A
<b>Fosfatos</b>	0,41	0,5	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Turbiedad</b>	0,82	2	190	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Color aparente</b>	10	15	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Cobre</b>	0	1,0	1.0	Si	0,2	Si	10	Si
<b>pH</b>	6,51	6,5-9,0	5.0- 9.0	Si	4.5- 9.0	Si	-	N. A
<b>Alcalinidad</b>	93,5	200	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Dureza total</b>	78,7	300	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Conductividad</b>	180	1000	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Coliformes totales</b>	>300 UFC/100 mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-
<b>E. coli</b>	9 UFC/100 mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-

**Fuente:** Autores del proyecto, 20

A partir de lo presentado en la tabla 32, y basados en el cumplimiento del Decreto 1594 de 1984, el agua subterránea contenida en el pozo de la finca 2- El paisa, es apto para el uso en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, siempre y cuando se implemente un tratamiento para la desinfección, con la finalidad de disminuir la presencia de Coliformes totales y *Escherichia Coli*.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el recurso posee concentraciones elevadas de nitritos, así como presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli*, basados en los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y Decreto 1594 de 1984, se considera que el agua subterránea presente en la finca El Paisa no es apta para el consumo humano y uso doméstico; Sin embargo, la implementación de sistemas tratamiento cuya principal finalidad sea la desinfección del agua, permitirán garantizar las condiciones reglamentadas para el consumo humano. Esto dado que, se evidencian afectaciones por aportes de residuos orgánicos que pueden estar relacionados con vertimientos de aguas negras.

Es importante mencionar que, en el predio se desarrollan actividades agropecuarias, siendo que además el agua subterránea es usada para el consumo humano.

*Finca 3- San José.***Tabla 16***Determinación de uso potencial del agua – Finca 3*

ANÁLISIS	Resultados FINCA 3	Resolución 2115/2 007	Decreto 1594 /84	Cumplimiento	Decreto 1594/ 84	Cumplimiento	Decreto 1594 /84	Cumplimiento
				Consumo humano y uso domestic o		Uso agrícola		Uso pecuario
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,52	1.0	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Nitratos</b>	13,552	10	10	No	-	N. A	100	Si
<b>Nitritos</b>	0	0,1	1.0	Si	-	N. A	10	Si
<b>Sulfatos</b>	1	250	400	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Hierro</b>	0,08	0,3	-	Si	5,0	Si	-	N. A
<b>Fosfatos</b>	0,72	0,5	-	No	-	N. A	-	N. A
<b>Turbiedad</b>	1,08	2	190	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Color aparente</b>	11	15	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Cobre</b>	0	1,0	1.0	Si	0,2	Si	10	Si
<b>pH</b>	6,59	6,5-9,0	5.0- 9.0	Si	4.5- 9.0	Si	-	N. A
<b>Alcalinidad</b>	75	200	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Dureza total</b>	72,9	300	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Conductividad</b>	159	1000	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Coliformes totales</b>	20 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-
<b>E. coli</b>	8 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-

**Fuente** Autores del proyecto, 2022

Teniendo en cuenta la evaluación de calidad presentada en la tabla 33 y basados en el cumplimiento del Decreto 1594 de 1984, el agua subterránea contenida en el pozo de la finca 3-San José, es apta para el uso en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias. Con previa implementación de tratamientos para la desinfección, de forma tal que se logre eliminar la presencia de Coliformes totales y Escherichia Coli.

Teniendo en cuenta que la muestra de agua subterránea analizada presenta concentraciones de nitratos y fosfatos superiores a los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y Decreto 1594 de 1984, así como presencia de Coliformes totales y Escherichia coli; se considera que el agua subterránea presente en la finca San José no es apta para el consumo humano y uso doméstico.

De acuerdo a lo anterior, y con el objetivo de lograr dar cumplimiento a los valores permitidos por la normatividad para el aprovechamiento del agua para el consumo humano, se podría considerar la implementación de sistemas tratamiento cuya principal finalidad sea la desinfección del agua, lo cual permitirá garantizar las condiciones reglamentadas para el consumo humano. Pues, se evidencian afectaciones por aportes de residuos orgánicos que pueden estar relacionados con vertimientos de aguas residuales.

Es importante mencionar que, en el predio, el agua subterránea contenida en el pozo es aprovechada para el consumo humano y abastecimiento de los sistemas pecuarios.

*Finca 4- San Francisco***Tabla 17***Determinación de uso potencial del agua – Finca 4*

ANÁLISIS	Resultados FINCA 4	Resolución 2115/2 007	Decreto 1594 /84	Cumplimiento	Decreto	Cumplimiento	Decreto	Cumplimiento
				Consumo humano y uso domestico	1594/ 84	Uso agrícola	1594 /84	Uso pecuario
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,46	1.0	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Nitratos</b>	34,848	10	10	No	-	N. A	100	Si
<b>Nitritos</b>	0,13	0,1	1.0	No	-	N. A	10	Si
<b>Sulfatos</b>	2	250	400	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Hierro</b>	0,23	0,3	-	Si	5,0	Si	-	N. A
<b>Fosfatos</b>	1,16	0,5	-	No	-	N. A	-	N. A
<b>Turbiedad</b>	1,03	2	190	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Color aparente</b>	8	15	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Cobre</b>	0,07	1,0	1.0	Si	0,2	Si	10	Si
<b>pH</b>	6,69	6,5-9,0	5.0- 9.0	Si	4.5- 9.0	Si	-	N. A
<b>Alcalinidad</b>	77	200	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Dureza total</b>	61	300	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Conductividad</b>	146	1000	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Coliformes totales</b>	>300 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-
<b>E. coli</b>	87 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-

**Fuente.** Autores del proyecto, 2022

A partir de la evaluación de calidad presentada en las fases anteriores, y basados en el cumplimiento del Decreto 1594 de 1984 presentado en la tabla 34, se considera que el agua subterránea contenida en el pozo de la finca 4- San Francisco, es apta para el uso en el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias, solo si se implementan sistemas de tratamiento para la desinfección del recurso, de forma tal que se logre eliminar la presencia de Coliformes totales y Escherichia Coli.

Por otro lado, la muestra de agua subterránea analizada presenta concentraciones de nitratos, nitritos y fosfatos superiores a los valores máximos permisibles que han sido establecidos tanto en la Resolución 2115 de 2007 como en el Decreto 1594 de 1984. Siendo que además se identifica la presencia de Coliformes totales y Escherichia coli. En este sentido, se considera que el agua subterránea no es apta para el consumo humano y uso doméstico. Sin embargo, con el objetivo de lograr dar cumplimiento a lo establecido en la normatividad anteriormente relacionada, se podría considerar la implementación de sistemas tratamiento cuya principal finalidad sea la desinfección del agua, lo cual permitirá garantizar las condiciones reglamentadas para el consumo humano. Pues, se evidencian afectaciones que podrían ser generadas por vertimientos y/o aportes de residuos orgánicos (heces)

En el predio, el agua subterránea obtenida del pozo es aprovechada para el consumo humano y abastecimiento de los sistemas pecuario.

#### ***Finca 5- Santa Mónica***

Tabla 18

*Determinación de uso potencial del agua – Finca 5.*

ANÁLISIS	Resultados FINCA 5	Resolución 2115/20 07	Decreto 1594/ 84	Cumplimiento	Decreto 1594/8 4	Cumplimiento	Decreto 1594/ 84	Cumplimiento
				Consumo humano y uso domestico		Uso agrícola		Uso pecuario
<b>Fluoruros (mg/L)</b>	0,53	1.0	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Nitratos</b>	3,872	10	10	Si	-	N. A	100	Si
<b>Nitritos</b>	0,065	0,1	1.0	Si	-	N. A	10	Si
<b>Sulfatos</b>	1	250	400	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Hierro</b>	0,03	0,3	-	Si	5,0	Si	-	N. A
<b>Fosfatos</b>	0,47	0,5	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Turbiedad</b>	1,94	2	190	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Color aparente</b>	10	15	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Cobre</b>	0	1,0	1.0	Si	0,2	Si	10	Si
<b>pH</b>	6,44	6,5-9,0	5.0- 9.0	No	4.5-9.0	Si	-	N. A
<b>Alcalinidad</b>	89,5	200	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Dureza total</b>	79,1	300	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Conductividad</b>	182	1000	-	Si	-	N. A	-	N. A
<b>Coliformes totales</b>	58 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-
<b>E. coli</b>	11 UFC/10 0mL	0	-	No	5000 NMP/ 100 mL	No	-	-

**Fuente:** Autores del proyecto, 2022

Una vez realizada la evaluación de calidad del agua subterránea de la finca 5- Santa Mónica, y teniendo en cuenta lo establecido en el Decreto 1594 de 1984, se podría considerar que el recurso hídrico es apto para el aprovechamiento en el desarrollo de actividades agrícolas y

pecuarias. Siempre y cuando se garantice la implementación de tratamientos para la desinfección del mismo, de forma tal que se logre eliminar la presencia de Coliformes totales y Escherichia Coli.

Teniendo en cuenta que la muestra de agua subterránea analizada presenta niveles de pH por debajo de los valores establecidos en la Resolución 2115 de 2007 y Decreto 1594 de 1984, así como presencia de Coliformes totales y Escherichia coli; se considera que el agua subterránea presente en la finca San José no es apta para el consumo humano y uso doméstico. Sin embargo, con el objetivo de lograr dar cumplimiento a los valores permitidos por la normatividad para el aprovechamiento del agua para el consumo humano, podrían implementar medidas de manejo o sistemas de tratamiento que garanticen la desinfección del agua.

Es importante mencionar que, en el predio, el agua subterránea contenida en el pozo es aprovechada para el consumo humano y abastecimiento de los sistemas pecuarios.

## Capítulo 5. Conclusiones

En la vereda Pallares, perteneciente al municipio de La Gloria, Cesar, cuenta con 20 unidades productivas de las cuales en solo 5 de estas se ha realizado el establecimiento de pozos perforados para la extracción y aprovechamiento del agua subterránea para el desarrollo de actividades agrícolas, domesticas, consumo humano y abastecimiento pecuario.

Con la finalidad de realizar un diagnóstico de la calidad del agua se realizó en primera instancia una caracterización de los predios, y de los pozos presentes en estos, siendo entonces que se logró identificar que el 80% de estos, correspondientes a 4 perforaciones, no cuenta con permiso o concesión para el aprovechamiento del agua subterránea, con lo cual las extracciones se realizan sin la aprobación de la autoridad ambiental competente, Corpocesar.

En cuanto a los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras de agua de los predios y su evaluación con la normatividad vigente, se logra identificar que el 60% los pozos se presentan concentraciones nitritos y fosfatos mayores a los límites establecidos por para el consumo humano. Así mismo, en el 100% de estos se identificó presencia de Coliformes totales y Escherichia coli, mientras que para el 40% de las muestras analizadas se presentan alteraciones en cuanto a pH y nitratos. En este sentido se logra identificar que, de los 15 parámetros evaluados a las 5 muestras de agua, se presentan alteraciones en 6 de estos.

De acuerdo con la evaluación realizada para la determinación del uso potencial del recurso hídrico de los 5 predios en estudio, se establece que en el 100% de estos la calidad es

óptima para el uso agrícola y pecuario siempre y cuando se garantice la implementación de un sistema de desinfección del agua, dado que reportan presencia de Coliformes totales y *Escherichia coli*. En cuanto al aprovechamiento del agua subterránea para el consumo humano y uso doméstico en los 5 predios, se requiere de la implementación de sistemas de tratamiento enfocados principalmente en la reducción de materia orgánica, de forma tal que se logren disminuir las concentraciones de fosfatos, nitritos y nitratos, así como la eliminación de Coliformes totales y *Escherichia coli*.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos con el desarrollo del presente proyecto de investigación se proponen las siguientes recomendaciones.

Se sugiere a los propietarios de los predios iniciar los trámites ante la autoridad ambiental competente, con la finalidad de legalizar el aprovechamiento del agua realizado para suplir los requerimientos de las actividades socioeconómicas. Así mismo, implementar un sistema de tratamiento que se ajuste a los requerimientos identificados con el presente proyecto, de forma tal que se logre garantizar que la calidad del agua sea óptima para el uso agrícola, pecuario y por supuesto para consumo humano y doméstico. Así mismo, se sugiere realizar una evaluación o sondeo en el que se logre determinar la cantidad del recurso disponible para el o los acuíferos que recargan cada uno de los pozos, y en este sentido establecer un plan de ahorro y uso eficiente del agua.

Se recomienda realizar la verificación de posibles vertimientos de residuos líquidos domésticos e industriales por falencias en los sistemas implementados para la disposición final de las aguas residuales, identificando posibles filtraciones que logren afectar la calidad del agua subterránea.

Dada la identificación de especies arbóreas con algún grado de amenaza, se recomienda garantizar su conservación, así como su posible propagación. Esto se suma a la necesidad de implementar medidas necesarias para la conservación de los recursos naturales.

## Referencias

- Ameijenda, C. (2015). *Construcción y mantenimiento de captaciones particulares de aguas subterráneas*. Coruña: Diputación Provincial de A Coruña.
- Atuesta, O. D., Saldaña, E. R., Otalvarez, H. R., & Ramos, A. J. (2020). Estimación de la calidad de agua subterránea mediante muestreo in situ, Aguachica- Gamarra/Cesar. *Revista Universidad Popular del Cesar*.
- Barranco, S. A. (2018). El agua subterránea y su importancia socioambiental. *Universitarios potosinos*, 16-21.
- Castillo, S. A., Osorio, Y., & Vence, L. (2009). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas ubicadas en los municipios de La Paz y San Diego, Cesar*. Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.
- Chong, R. A. (2010). *Evaluación de la calidad del agua subterránea en el centro poblado menor La Libertad, Distrito de San Rafael*. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín Tarapoto.
- CMLAB. (s.f.). *CMLAB*. Obtenido de Bolsas esteriles para toma de muestra WHIRL-PAK NASCO: <https://www.cmlab.com.co/producto/bolsas-para-toma-de-muestra-whirl-pak/>
- Congreso de la República de Colombia. (1973). *Ley 23 de 1973*. Bogotá, Colombia: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (1991). *Constitución Política*. Bogotá, Colombia: Congreso de la República de Colombia.
- Congreso Nacional. (11 de Julio de 1994). *Ley 142 de 1994*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2752>

Congreso Nacional De Colombia. (18 de Julio de 1997). *Ley 388 de 1997*. Obtenido de

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

[http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0388\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0388_1997.pdf)

Congreso Nacional de la República. (1997). *Ley 373 de 1997*. Bogotá D.C, Colombia: Congreso Nacional de la República.

Congreso Nacional de la Republica de Colombia. (24 de Enero de 1979). *Ley 9 de 1979*.

Obtenido de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0009\\_1979.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html)

Cooperativa Española. (2017). *La importancia de las aguas subterráneas en la gestión integrada de los recursos hídricos: aplicaciones prácticas en proyectos de cooperación internacional para el desarrollo*. Intituto geologico y minero de España.

Corporcesar, Ideam. (2009). *Evaluación del potencial del agua subterranea en los municipios de Curumani, Pailitas, Tamalameque, Pelaya, La Gloria, Gamarra, Aguachica, Rio de oro, San Martín y San Alberto, departamento del Cesar*. Corporcesar, Ideam.

Delgado, C. (1956). *Quimica de lasaguas subterraneas y su importancia desde el punto de vista de potabilidad e higiene*. Bogota D.C: Instituto geologico nacional.

Diaz, B. W. (2017). *Evaluación y optimización de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Tena en el municipio de Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Catolica de Colombia.

Dirección de recursos hídricos . (2015). *Calidad del agua*. Obtenido de Dirección de recursos hídricos : <http://www.recursohidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>

- Fagundo, F., Cima, A., & González, P. (2015). *Revisión bibliográfica sobre clasificación de las aguas minerales y mineromedicinales*. Lima: Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión.
- Franco, O., García, M., & Vargas, O. (2010). Marco conceptual. En IDEAM, *Estudio nacional del agua* (págs. 35-42). Bogotá, Colombia: IDEAM.
- Galindo, E., Del Pozo, M., Diaz, J., Castaño, S., Marti, B., & Guerra, L. (2000). *Caracterización geoquímica del agua subterránea en la zona este de Gran Canaria*. Madrid, España: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- Galvez, J. (2011). *Ciclo Hidrológico*. Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- García, d. I. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PV ALBEITAR*.
- Gerald, K. (2003). *Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Editorial Mc Graw Hill.
- Giraldo, U. V. (2021). *Análisis hidrogeoquímico y de calidad del agua subterránea en el valle de San Nicolás Oriente Antioqueño, para su uso potencial en abastecimiento poblacional*. Medellín, Colombia: Universidad EAFIT.
- Glynn, H., & Heinke, G. (2000). *Ingeniería Ambiental: Aguas subterráneas*. México: Editorial Prentice Hall.
- Hernandez, S. R., Ferdandez, C. C., & Baptista, L. P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernandez, V. C. (2016). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano*. Eredia, España: Universidad Nacional.

- Hirata, R., & Reboucas, A. (2001). *La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos*. Sao Paulo, Brasil.
- Horton, R. (1965). *An Index Number System For Rating Water Quality*. Jr. Of Wpcf.
- Ideam. (2005). *Determinación de la alcalinidad del agua por potenciometria*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2007). *Coliformes totales y E. Coli por el método de filtración por membrana en Agar Chromocult*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2007). *Dureza total en el agua con EDTA por voumetria*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2007). *Turbiedad por nefelometria*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2009). *Nitrito en el agua pos espectrofotometría*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales .
- IDEAM. (2013). *Promedio de fósforo total (PFT)*. BOGOTÁ: IDEAM.
- IDEAM, I. d. (2010). *Estudio nacional del agua , ENA*. Bogotá, Colombia: IDEAM, Instituto de hidrología, metereología y estudios ambientales.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2013). *Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales, Promedio de Nitrógenos totales*. Bogotá: IDEAM.
- Lanz, K. (1997). *El libro del agua*. Madrid, España: Greenpace España.
- Maillard, R. I. (2013). *Reporte de mantenimiento de instalaciones hidráulicas y sanitarias de Palacio de Gobierno de Xalapa, Veracruz*. Veracruz, Mexico: Universidad de Veracruz.

- Marín, G. R. (2013). *Características Físicas, químicas y biológicas del agua*. Empresa Municipal de Aguas de Córdoba.
- Minambiente. (2015). *Resolución 0631 de 2015*. Bogotá, Colombia: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.
- Ministerio de Salud Publica. (1998). *DECRETO 475 DE 1998, Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable*. Bogotá: MINISTERIO DE SALUD PUBLICA.
- OMS, O. M. (2006). *Guia de calidad de agua potable*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- ONU. (2012). *Manejo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas para el consumo humano*. New York, EE.UU: ONU.
- Orellana, J. (2005). *Características del agua*. Universidad Tecnológica Nacional del Rosario.
- Osorio, A., & Martínez, M. (2018). Validación de un método para el análisis del color real en el agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 143-155.
- Pacheco, J., Cabrera, A., & Pérez, R. (2004). *Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el estado de Yucatán, México*. Yucatán, México.
- Pacheco, J., Cabrera, A., & Pérez, R. (2004). Diagnóstico de la calidad del agua subterránea en los sistemas municipales de abastecimiento en el estado de Yucatán, México. *Ingeniería Revista Académica* , 165-179.
- Pajares, M., & Orlando, E. (2000). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Presidencia de la República de Colombia. (26 de Julio de 1978). *Decreto 1541 de 1978*.  
Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible:

[http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto\\_1541\\_de\\_1978.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_1541_de_1978.pdf)

Presidencia de la República de Colombia. (1998). *Decreto 475 de 1998*. Bogotá, Colombia:

Presidencia de la República de Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (30 de Diciembre de 2005). *Decreto 4741 de 2005*.

Obtenido de Alcaldía de Bogotá:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

Restrepo Correa, I., Alvarez, O., Ruiz, D., Palacio, P., Posada, M., Castaño, C., . . . Gómez, D.

(2018). *Actualización del modelo hidrogeológico conceptual del Valle de San Nicolás*.

Envigado, Colombia: Universidad EAFIT.

Rigola, M. (1999). *Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales*.

*Parámetros de calidad de las aguas*. México: Alfaomega editores.

Rivera, Z., Maldonado, E., & Rios, R. (2001). *Comparación de coliformes y colífagos como*

*indicadores microbiológicos de la calidad del agua en los embalses Dos Bocas y Las*

*Curias en Puerto Rico*. Santo Domingo, Puerto Rico: Desarrollo de la Conciencia

Ambiental para la Protección del Mundo Futuro AIDIS.

Rodrigo, C., Pacheco, P., Orihuela, M., Piñeiros, M., & Cobo, E. (2018). *Guía de monitoreo*

*participativo de la calidad de agua*. Quito: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

Rosseti, F., Farace, M., Castelli, E., Curti, L., & Funes, R. (1998). *Estudio bacteriológico de*

*aguas subterráneas de la provincia de Buenos Aires*. Capital Federal, Argentina: . INEI -

ANLIS Carlos G. Malbrán.

Sahuquillo, H. A. (2009). La importancia de las aguas subterráneas.

*Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Na*, 97-114.

Saldaña, C. (2016). *Evaluación del uso de aguas subterráneas por parte de la población urbana del municipio de la población urbana del municipio de Aguachica, Cesar en época de sequía*. Ocaña, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Schlesinger, W. (2000). *Biogeoquímica 1ra Edición*. Barcelona, España: Ariel S.A.

SENA ; Ministerio de desarrollo económico. (1999). *Incidencias del agua en la salud, captación de aguas de saneamiento*. Bogotá, Colombia: SENA publicaciones.

Soluciones Medioambientales y Aguas. (23 de Octubre de 2015). *Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua*. Obtenido de Soluciones Medioambientales y Aguas:  
<http://www.smasa.net/sustancias-contaminantes-agua/>

SYSCOL CONSULTORES S.A.S. (2015). *Caraterización hidrogeoquímica y determinación de la calidad del agua*. Bogotá D.C: Fondo de compensación ambiental, Ministerio de Ambiente.

Tebbutt, T. (2001). *Fundamentos de control de la calidad del agua*. México: Limusa editores.

Trueque B, P. A. (2019). *Armonización de los estanques de agua potable en las Americas*.  
Universidad Nacional del Centro del Perú.

Vargas, N. (2004). *Monitoreo de aguas subterráneas*. Bogotá, Colombia: IDEAM.

Velez, M. V., Ortiz, C., & Vargas, M. (2012). *Las aguas subterráneas: Un enfoque práctico*.  
Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; Instituto Colombiano de Geología y Minería.

Vence, M. L., Castillo, S. A., & Osorio, B. Y. (2009). *Caracterización microbiológica y fisicoquímica en los*. Valledupar, Colombia: Universidad Popular del Cesar.

Villegas, J. V. (2013). *Análisis físico-químico y microbiológico de aguas envasadas en funda.*

Quito, Ecuador: Universidad Central de Ecuador.

Water Treatment Solutions. (27 de Septiembre de 2016). *Historia del tratamiento de agua potable.* Obtenido de Lenntech BV: :

<http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historiatratamiento-agua-potable.htm>

# Apéndices

Apéndice A Evaluación de calidad fisicoquímica y microbiológica de agua subterránea

**Resultados Análisis Fisicoquímico**

**Matriz de la muestra:** agua cruda

**Tipo de muestra:** puntual.

**Lugar de muestra:** La Gloria. Cesar

**Punto de muestreo:** 1

**Tomada por:** Ana María Pacheco, Claudia Lozano.

**Fecha toma de muestra:** 16 de mayo del 2022

**hora:** 09:40 a.m

**Fecha entrega al laboratorio:** 16 de mayo del 2022

**hora:** 12:00 p.m

**Observaciones:** ninguna.

ANÁLISIS	UNIDAD	RESULTADOS				
		1	2	3	4	5
Fluoruros	mg/L F <sup>-</sup>	0.43	0.87	0.52	0.46	0.53
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>	1.936	7.744	13.552	34.848	3.872
Nitritos	- mg/L N-NO <sub>2</sub>	0.228	0.283	0.000	0.130	0.065
Sulfatos	2- mg/L SO <sub>4</sub>	0	5	1	2	1
Hierro	mg/L Fe	0.04	0.08	0.08	0.23	0.03
Fosfatos	3- mg/L PO <sub>4</sub>	0.51	0.41	0.72	1.16	0.47
Turbiedad	NTU	1.03	0.82	1.08	1.03	1.94
Color aparente	UPtCo	8	10	11	8	10
Cobre	mg/L Cu	0.02	0	0	0.07	0
pH	pH	6.49	6.51	6.59	6.69	6.44
Alcalinidad	mg/L CaCO <sub>3</sub>	82.5	93.5	75	77	89.5
Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	75.8	78.7	72.9	61.0	79.1
Conductividad	µS/cm	176	180	159	146	182
Coliformes totales	UFC/100 mL	53	>300	20	>300	58
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100 mL	27	9	8	87	11

## Apéndice B. Características de pozos subterráneos

 <b>Características de pozos con aguas subterráneas</b>								
<b>Nomb re</b>	<b>Coordena das</b>	<b>Nomb re de predi o</b>	<b>Siste ma de bomb eo</b>	<b>Profundi dad (m)</b>	<b>Conformac ión Construcci ones</b>	<b>Uso del agua</b>	<b>Sistema de tratamie nto</b>	<b>Conces ión de agua</b>
Finca 1	8,4890058 N - 73,641295 3 W	El Rosal	Moto bomba	9 metros	Pozo de ladrillo	Consu mo human o	Ninguno	No
Finca 2	8,4858688 N - 73,666136 1W	El Paisa	Moto bomba	40 metros	Cilindro de mortero armado	Consu mo human o	Ninguno	No
Finca 3	8,4852256 N - 73,665184 2 W	San José	Moto bomba	80 metros	Cilindro de mortero armado	Consu mo human o	Filtración a 45 metros	No
Finca 4	8,480461 N - 73,657257 3 W	San Franci sco	Moto bomba	80 metros	Cilindro de mortero armado	Consu mo human o- uso agrícola	Filtración a 45 m	Si
Finca 5	8,4825618 N - 73,638437 4 W	Santa Mónica	Moto bomba	30 metros	Cilindro de mortero armado	Hogar	Ninguno	No

## Apéndice C. Registro fotográfico

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**

<b>FOTOGRAFÍA No</b>	1 y 2.
<b>OBSERVACIONES</b>	Toma de muestras para análisis fisicoquímicos.



**FOTOGRAFÍA No**

3 y 4.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras para análisis microbiológicos



**FOTOGRAFÍA No**

5 y 6.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras para análisis fisicoquímico.



**FOTOGRAFÍA No**

7 y 8.

**OBSERVACIONES**

Purga de recipientes y toma de muestras



**FOTOGRAFÍA No**

9 y 10.

**OBSERVACIONES**

Purga de recipientes y toma de muestras



**FOTOGRAFÍA No**

11 y 12.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras y almacenaje en recipiente específico.



**FOTOGRAFÍA No**

13 y 14.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras y verificación de pozos subterráneos.



**FOTOGRAFÍA No**

15 y 16.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras para análisis microbiológicos



**FOTOGRAFÍA No**

17 y 18.

**OBSERVACIONES**

Reconocimiento de área de estudio y toma de muestra.



**FOTOGRAFÍA No**

19 y 20.

**OBSERVACIONES**

Purga de recipientes y toma de muestras.



**FOTOGRAFÍA No**

21 y 22.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras para análisis fisicoquímicos.



**FOTOGRAFÍA No**

23 y 24.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras y verificación de estructura de pozo subterráneo.



**FOTOGRAFÍA No**

25 y 26.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras y almacenaje en recipiente específico.

**FOTOGRAFÍA No**

27 y 28.

**OBSERVACIONES**

Toma de muestras y almacenaje en recipiente específico.

## Apéndice D. Formato de encuesta

 <b>FORMATO DE ENCUESTA</b> 	
Investigador:	Ana Maria y Carolina
Fecha:	
Predio:	Finca Santa Monica

<p>1. ¿Cuántas personas habitan en el predio? Definir edades aproximadas</p> <p>Habitán 7 personas entre 18 y 60 años</p>	<p>2. ¿Qué actividades económicas son desarrolladas en el predio?</p> <p>Cria de caballos</p>
<p>3. ¿Qué manejo se da a los residuos sólidos generados en el predio?</p> <p>Los residuos orgánicos son utilizados para alimentar a los cerdos y los residuos de la casa se los lleva el comunero</p>	<p>4. ¿Qué manejo se da a los residuos líquidos generados en el predio?</p> <p>Los generados en la casa van a una poza pequeña y los que generan los animales se riegan en el predio, en una poza</p>
<p>5. ¿Qué tipo de residuos sólidos son generados?</p> <p>Orgánicos y de la casa</p>	<p>6. ¿Qué tipo de residuos líquidos son generados en el predio?</p> <p>De baños y lava platos, animales</p>
<p>7. ¿Se hace uso de agroquímicos en el predio?</p> <p>No</p>	<p>8. ¿Existen cauces de agua superficial cercanos?</p> <p>No</p>
<p>9. ¿Qué tipo de construcciones existen en el predio?</p> <p>Una casa y el corral de los caballos</p>	<p>10. ¿Qué tipo de cobertura vegetal predomina en el predio?</p> <p>árboles y arbustos</p>

 <b>FORMATO DE ENCUESTA</b> 	
Investigador:	
Fecha:	
Predio:	Finca San Francisco

<p>1. ¿Cuántas personas habitan en el predio? Definir edades aproximadas</p> <p>S persona entre 3 adultos y 2 niño</p>	<p>2. ¿Qué actividades económicas son desarrolladas en el predio?</p> <p>Cria de animales y agricultura</p>
<p>3. ¿Qué manejo se da a los residuos sólidos generados en el predio?</p> <p>Lo orgánico son aprovechado para alimentar algunos animales y lo demás el casco municipal se recoge</p>	<p>4. ¿Qué manejo se da a los residuos líquidos generados en el predio?</p> <p>Se vacía con agua de lluvia y lo generado por corral van a fono vende</p>
<p>5. ¿Qué tipo de residuos sólidos son generados?</p> <p>Orgánico, inorgánico y peligrosos</p>	<p>6. ¿Qué tipo de residuos líquidos son generados en el predio?</p> <p>Lo generado por el hogar y la limpieza de corral</p>
<p>7. ¿Se hace uso de agroquímicos en el predio?</p> <p>Si</p>	<p>8. ¿Existen cauces de agua superficial cercanos?</p> <p>No</p>
<p>9. ¿Qué tipo de construcciones existen en el predio?</p> <p>Casa y corral</p>	<p>10. ¿Qué tipo de cobertura vegetal predomina en el predio?</p> <p>arboles, cultivos, arbustos, pasto</p>