

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vicerrectoría Académica	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
	Dependencia	Aprobado	Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(89)		

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Marcela Alejandra Galviz Picón Michelle Dayana Verjel Gómez		
FACULTAD	Facultad De Ciencias Agrarias Y Del Ambiente		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Ambiental		
DIRECTOR	Esp. María Alejandra Vergel Bermúdez		
TÍTULO DE LA TESIS	Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña, Norte de Santander.		
TITULO EN INGLES	Evaluation of the microbiological and physicochemical quality of water for human consumption in the town of La Floresta, Municipality of Ocaña, Norte de Santander.		
RESUMEN (70 palabras)			
Se evidencia la necesidad de realizar la evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua cruda del abastecimiento en el corregimiento de La Floresta, Norte de Santander para así poder aportar la información necesaria e implementar estrategias de mejora que puedan mitigar los impactos sobre los efectos perjudiciales que se tiene al ingerir el agua que no cumple con la normatividad nacional vigente			
RESUMEN EN INGLES			
The need to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of the raw water supply in the town of La Floresta, Norte de Santander is evident in order to provide the necessary information and implement improvement strategies that can mitigate the impacts on the harmful effects of ingesting water that does not comply with current national regulations.			
PALABRAS CLAVES	Evaluación, Calidad, Microbiológica, Fisicoquímica, Agua.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Evaluation, Quality, Microbiological, Physicochemical, Water.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS:91	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:

Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Marcela Alejandra Galviz Picón

Michelle Dayana Verjel Gómez

Facultad De Ciencias Agrarias Y Del Ambiente, Universidad Francisco De Paula

Santander Ocaña

Ingeniería Ambiental

Esp. María Alejandra Vergel Bermúdez

05 mayo, 2023

Índice

Capítulo 1. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña, Norte de Santander.....	7
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Formulación del problema	8
1.3 Objetivos	8
1.3.1 General.....	8
1.3.2 Específicos	8
1.4 Justificación	9
1.5 Delimitaciones	10
Capítulo 2. Marco referencial.....	12
2.1 Marco Histórico	12
2.2 Marco contextual	14
2.3 Marco conceptual.....	15
2.4 Marco teórico.....	20
2.5 Marco legal	23
Capítulo 3. Diseño metodológico	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2 Población.....	27

3.3. Muestra	27
3.4 Recolección de la información Visitas de campo	28
3.5 Análisis de la información	28
Capítulo 4. Resultados	38
4.1 Condiciones iniciales del suministro de agua y del área de estudio.....	38
4.2 Analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos.....	44
4.2.1 Localización puntos de muestreo:	45
4.2.2 Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas	48
4.3 Calidad de agua por medio del índice de riesgo de la calidad de agua (IRCA) y ICA.....	70
4.3.1 Calculo del ICA quebrada las Damas muestra 2.....	70
4.3.2 Calculo del ICA muestra 3 vivienda	72
4.3.3 Calculo del IRCA muestra 1 Tanque de almacenamiento	78
4.3.4 Calculo del IRCA muestra 2 Quebrada las Damas	79
4.3.5 Calculo del IRCA muestra 3 vivienda.....	80
5. Conclusiones	82
6. Recomendaciones	84
Referencias.....	85

Lista de tablas

Tabla 1	Parámetros físico químicos Valor máximo permisible	21
Tabla 2	Parámetros permisibles microbiológicos	23
Tabla 3	Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.....	34
Tabla 4	Puntaje de Riesgo.....	35
Tabla 5	Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra	36
Tabla 6	Características morfométricas de la Quebraja las Damas.....	41
Tabla 7	Resultados de la muestra 1-2-3 de agua cruda del corregimiento de la Floresta	48
Tabla 8	Resultado parámetro fluoruros.....	49
Tabla 9	Resultado parámetro nitratos.	50
Tabla 10	Resultado parámetro Nitritos.	51
Tabla 11	Resultados parámetro Sulfatos.....	53
Tabla 12	Resultados parámetro hierro.	55
Tabla 13	Resultados parámetro fosfatos.	56
Tabla 14	Resultados parámetro turbiedad.....	58
Tabla 15	Resultados parámetro Color Aparente.	60
Tabla 16	Resultados parámetro Cobre.	61
Tabla 17	Resultados parámetro Ph.....	62
Tabla 18	Resultados parámetro alcalinidad.	64
Tabla 19	Resultados parámetro Dureza Total.....	65
Tabla 20	Resultados parámetro Coliformes totales.	67
Tabla 21	Resultado parámetro Escherichia coli.....	68
Tabla 22	Parámetros para determinar el ICA de muestra 2.	70

Tabla 23	Sumatoria de los productos entre los subíndices y el ponderador muestra 2....	72
Tabla 24	Parámetros para determinar el ICA de muestra 3	75
Tabla 25	Sumatoria de los productos entre los subíndices y el ponderador muestra 3....	77
Tabla 26	Índice de calidad del agua en la muestra 1 Tanque de almacenamiento	78
Tabla 27	Índice de calidad del agua en la muestra 2 Quebrada.....	79
Tabla 28	Índice de calidad del agua en la muestra 3 Vivienda.....	80

Lista de figuras

Figura 1	Tanque de almacenamiento	39
Figura 2	Aducción por medio de mangueras en la red de captación	40
Figura 3	Localización del corregimiento la Floresta	43
Figura 4	Localización de los puntos de muestra.....	45
Figura 5	Toma de muestra 1 Tanque almacenamiento	46
Figura 6	Toma de muestra 2 Quebrada.....	46
Figura 7	Toma de muestra 3 Vivienda consumo humano	47
Figura 8	Grafica resultado parámetro fluoruros comparación de las muestras.	49
Figura 9	Grafica resultado parámetro Nitratos	50
Figura 10	Grafica Resultado parámetro Nitritos.....	52
Figura 11	Grafica resultados parámetro sulfatos	54
Figura 12	Grafica Resultados parámetro hierro.....	55
Figura 13	Grafica Resultados parámetro fosfatos.....	57
Figura 14	Grafica Resultados parámetro turbiedad.	59
Figura 15	Grafica Resultados parámetro Color Aparente	60
Figura 16	Grafica Resultados parámetro pH	63
Figura 17	Grafica Resultados parámetro alcalinidad.....	64
Figura 18	Grafica Resultados parámetro dureza.....	66
Figura 19	Grafica Resultados parámetro Coliformes totales.....	67
Figura 20	Grafica Resultado parámetro Escherichia coli.	68
Figura 21	ICA Comparativo	78

Capítulo 1. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano en el corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña, Norte de Santander

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, la mayoría de los corregimientos de Ocaña se han visto afectados debido a que no se le realiza un tratamiento al agua y el consumo se hace directo desde la fuente hídrica exponiendo a la población a enfermedades. De acuerdo con (González Marcos & Saldarriaga Gabriel, 2017) La calidad del agua es un valor ecológico esencial para la salud y para el crecimiento económico, los esfuerzos para lograr cobertura universal son mundialmente prioritarios, no obstante, es necesario que el servicio sea continuo, de calidad y de bajo costo.

La calidad del agua promueve la condición humana y es un primer nivel de intervención de la salud ambiental a nivel de las unidades familiares (Chavez, 2018). De acuerdo a la información de la OMS, se calcula que unas 829.000 personas mueren cada año como consecuencia de la insalubridad del agua, de un saneamiento insuficiente o de una mala higiene de manos, el agua contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de enfermedades como el cólera, diarreas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (OMS, 2022)

Según información brindada por la oficina de salud pública de la alcaldía del municipio de Ocaña, los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al corregimiento de la floresta en el año 2020 indican que el porcentaje del IRCA se encuentra en un nivel de riesgo alto (Alcaldía Municipal Ocaña, 2020)

Por lo tanto, se evidencia la necesidad de realizar la evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua cruda del abastecimiento en el corregimiento de La Floresta, Norte de Santander para así poder aportar la información necesaria e implementar estrategias de mejora que puedan mitigar los impactos sobre los efectos perjudiciales que se tiene al ingerir el agua que no cumple con la normatividad nacional vigente

1.2 Formulación del problema

¿El agua suministrada a la población de la Floresta cumple con las características fisicoquímicas y microbiológicas aptas para el consumo humano?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de la Floresta mediante análisis fisicoquímico y microbiológico.

1.3.2 Específicos

- Determinar las condiciones iniciales del suministro de agua del corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña.
- Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente hídrica de abastecimiento del Corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña.
- Establecer el grado de calidad de agua por medio del índice de riesgo de la calidad de agua (IRCA), índice de calidad del agua (ICA)

1.4 Justificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que, tomada a lo largo de toda la vida y teniendo en cuenta las diversas vulnerabilidades que pueden surgir en los distintos periodos de la vida, el agua potable no ofrece riesgos sustanciales para la salud. Los lactantes, los niños pequeños, los débiles y los ancianos son los grupos más expuestos a las enfermedades transmitidas por el agua, sobre todo si residen en entornos poco higiénicos. (INCA, 2020)

La evaluación del agua para consumo humano también es importante para identificar y prevenir la presencia de contaminantes en el agua, como los metales pesados, los pesticidas y los productos químicos, de acuerdo con (Chavez, 2018), la evaluación del agua puede ayudar a detectar y monitorear la presencia de patógenos en el agua, como virus, bacterias y protozoarios, que pueden causar enfermedades como la diarrea, la fiebre tifoidea y el cólera.

Según datos revelados por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) en 2017, el 60% del agua que sale por las llaves de los hogares colombianos no es potable, lo que contrasta con otros factores como la contaminación de los ríos, la falta de cobertura de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, el crecimiento de prácticas ilegales como la minería y la falta de conciencia de los ciudadanos.

La política ambiental colombiana debería promover una estrategia integrada de gestión de los recursos hídricos. El Índice de Riesgo de Calidad del Agua (IRCA) es una herramienta útil que mejora la toma de decisiones en salud pública y la evitación del uso del agua en condiciones insalubres. (CEPEI, 2020)

El corregimiento de la Floresta, está ubicado al noroccidente del casco urbano del Municipio de Ocaña, a 18 kilómetros, esta cuenta con una población de aproximadamente 120

habitantes que se benefician del agua cruda, información suministrada por la Unidad Básica de Atención (UBA).

Si bien, todo sistema de acueducto debe estar justificado y garantizar el agua en óptimas condiciones para el consumo humano según los valores máximos permisibles de la (RES 2115 de 2007), (Decreto N°1594 de 1984). El corregimiento de la Floresta no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable diseñada, lo cual se ve reflejada en diferentes enfermedades por contaminación de agua que han venido presentando sus habitantes (Alcaldía Municipal Ocaña, 2020)

En conclusión, la evaluación del agua para consumo humano es un proceso crítico para garantizar la seguridad y la calidad del agua que se consume, así mismo como para proteger la salud pública y el medio ambiente, la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua cruda en el casco urbano del corregimiento la Floresta, nos permite garantizar y brindar a la comunidad información actualizada de las condiciones de agua para el consumo humano y opciones de mejora de este recurso.

1.5 Delimitaciones

Delimitación Geográfica

El área de actuación de este proyecto se marca dentro del corregimiento de la Floresta, Municipio de Ocaña, Norte de Santander, donde se incluye la toma de muestras en diferentes puntos del corregimiento y en la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña donde ejecutaremos la parte práctica del proyecto.

Delimitación Operativa

La Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña ha ofrecido un laboratorio para la elaboración de este estudio. El proyecto será desarrollado por los estudiantes anteriormente indicados, bajo la orientación y supervisión del director, así como de los profesionales necesarios en el proceso.

Delimitación Conceptual

Los términos en los que se enmarcó este proyecto son los siguientes: Tratamiento para agua cruda, estudios microbiológicos y físico-químicos del agua, evaluación del agua, calidad de agua.

Delimitación Temporal

El de investigación y experimentación se enmarca en un lapso de tiempo de cuatro meses.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco Histórico

La historia del uso del agua incluye la forma en que las personas han utilizado el agua a lo largo del tiempo, desde la antigüedad hasta la actualidad. Esto puede incluir la utilización del agua para fines agrícolas, industriales y domésticos, así como para el desarrollo de infraestructuras hidráulicas como presas y canales.

El agua es un recurso natural no renovable que hoy se considera un activo estratégico, dado que ayuda a una nación a satisfacer sus necesidades fundamentales. De acuerdo con (Puello Payares & Maza Ávila, 2012) "La demanda y su uso inadecuado se han convertido en unos de los principales problemas en el mundo ya que, su demanda ha crecido más del doble que la tasa de crecimiento demográfico en el último siglo, lo que ha provocado que más de 1.200 millones de personas vivan en condiciones de escasez física de agua".

La gestión del agua ha evolucionado a lo largo del tiempo, desde la antigüedad hasta la actualidad. En la antigüedad, el agua era gestionada por comunidades locales que construían sistemas de riego y canales para llevar el agua a sus cultivos. En la Edad Media, se crearon las primeras organizaciones encargadas de la gestión del agua, como las hermandades de regantes en España. En la actualidad, la gestión del agua está a cargo de organismos gubernamentales y organizaciones no gubernamentales.

Sin embargo, el cambio climático tiene efectos de los fenómenos de variabilidad climática sobre los suministros de agua, en Colombia son cada vez más graves, `por este motivo, se han llevado a cabo varias investigaciones que ofrecen la posibilidad de tener un conocimiento

más amplio e identificar los efectos que el cambio climático puede tener sobre los recursos hídricos de la nación para estar más informados y reconocer los efectos que el cambio climático puede tener sobre ellos y podrían verse afectados por el mismo.

Las Comunicaciones Nacionales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático constituyen una de las piedras angulares en el avance de la investigación sobre el cambio climático y su conexión con los recursos hídricos en Colombia (CMNUCC), “Este análisis abordó la vulnerabilidad desde dos perspectivas: desde la capacidad de los recursos hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico, ante posibles alteraciones climáticas, y desde la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso ante cambios substanciales en la oferta y disponibilidad de agua” (Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles, 2012)

Las precipitación y variación climática en Colombia trae consecuencias de los cambios que se perciben en el territorio nacional debido a la variabilidad climática durante todo el año y a los regímenes regionalmente distintos, lo que dificulta la elaboración de escenarios que ayuden a los responsables de la toma de decisiones a comprender mejor cómo responderán los recursos naturales al impacto hídrico antes de las exigencias del cambio climático. (Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles, 2012)

Las aguas superficiales pueden contaminarse de forma natural por partículas o por la presencia de materiales orgánicos en el medio ambiente. Algunos ejemplos de contaminación antropogénica son los vertidos de aguas residuales domésticas, los efluentes de procesos industriales y la presencia de materia orgánica natural o por arrastre de materia particulada entre otros, los productos residuales de procesos industriales son los que más afectan al recurso hídrico de acuerdo con (Torres & Patiño, 2009) es evidente que “El mayor impacto sobre la salud

pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua, el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar o la industria” como la construcción de infraestructuras hidráulicas, la contaminación del agua y el cambio climático son algunos de los factores que han afectado la cantidad y calidad del agua disponible.

Esto pone de manifiesto la necesidad de identificar y aplicar políticas e instrumentos que promuevan la reacción de todos los sistemas (social, económico y medioambiental), todos ellos muy susceptibles a la fluctuación de los flujos con los cambios climáticos. Podemos añadir lo siguiente, la cantidad de riesgo sanitario está directamente impactada por el estado de las fuentes de suministro de agua para consumo humano.

2.2 Marco contextual

El municipio colombiano de Ocaña está situado en el departamento de Norte de Santander, al noreste de la nación. Está situado en la Subregión de Occidente, también conocida como Provincia de Ocaña. Esta provincia no debe confundirse con la histórica Provincia de Ocaña, subdivisión republicana que duró desde 1850 hasta 1857 (Municipio, 2022).

En Norte de Santander, Ocaña es la segunda ciudad más poblada con más de 114 mil habitantes en 2018. Sin embargo, el amplio margen de error del censo realizado por el DANE para 2020, así como la continúa afluencia de migrantes procedentes de Venezuela, podrían elevar la cifra. Como resultado, Ocaña se convierte tanto en la segunda ciudad del departamento como en un punto focal para el tema de los refugiados venezolanos (Municipio, 2022).

El municipio tiene una extensión de 672,27 km² y una altitud media de 1202 metros sobre el nivel del mar. Lo atraviesan el Algodonal (nombre que recibe el río Catatumbo en el municipio) y el Tajo, así como varios arroyos. Está situado al oeste del departamento, en la cordillera oriental (Municipio, 2022).

Como la mayoría de los municipios de Colombia, está formado por un núcleo urbano con nombre propio y varios corregimientos y aldeas, entre ellos La Floresta.

La Floresta es un pueblo de la provincia de Departamento de Norte de Santander situado en Colombia, está situado a una altura de 4911 msnm, el objetivo principal del estudio era evaluar la disponibilidad del recurso hídrico y el comportamiento de la comunidad asentada para evaluar el suministro de agua. Para ello, se utilizó un diagnóstico socioeconómico, un análisis de la demanda y un análisis de la oferta para determinar la cantidad de agua disponible y el comportamiento de la comunidad asentada. Finalmente, se hicieron recomendaciones para el uso sostenible y la conservación del agua que recibe la microcuenca, con el fin de apoyar el desarrollo socioeconómico de las familias que ahí habitan.

2.3 Marco conceptual

Parámetros Fisicoquímicos

Como parámetros fisicoquímicos se mencionan la temperatura, el color, la turbidez, la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), la presencia de nitratos, sulfatos y fosfatos, los metales pesados, el oxígeno disuelto, el pH y la conductividad. No obstante, sólo se destacarán los elementos fisicoquímicos examinados en este documento.

Dado que revelan la composición y la dinámica de los ecosistemas acuáticos, estas variables son cruciales para comprender los ecosistemas acuáticos, contribuyen a la evaluación de la calidad del agua de los hábitats acuáticos, así como a la dinámica de los contaminantes, una revisión de la calidad del agua de acuerdo con (Pérez & Restrepo, 2008)

PH

El pH refleja el nivel de acidez, basicidad y alcalinidad del agua. El grado de toxicidad de algunas sustancias, como el amoníaco, los metales pesados, el sulfuro de hidrógeno, entre otros, y la composición de la fauna y la flora de los cuerpos de agua también se ven afectados por este parámetro (Pérez & Restrepo, 2008)

Nitratos

La metahemoglobina (tono azulado de la piel) en los recién nacidos alimentados con leche preparada es una medida que indica la descomposición de materias orgánicas animales y/o vegetales (Pérez & Restrepo, 2008).

Turbiedad

La cantidad de opacidad en el agua provocada por las partículas en suspensión se conoce como turbidez. La cantidad de sustancias químicas afecta a la transparencia del agua porque restringe la cantidad de luz que puede atravesarla, algunas operaciones, como la construcción de carreteras, la minería y las canteras, dejan el terreno expuesto a la erosión, lo que permite que la escorrentía modifique este parámetro en los ríos (Pérez & Restrepo, 2008)

Temperatura

Uno de los factores más importantes en las masas de agua es la temperatura, que actúa como indicador de la estabilidad ecológica del sistema, es un indicativo de la estabilidad ecológica del recurso hídrico, Las variaciones de este parámetro también afectan al hábitat en el que se desarrollan la flora y la fauna acuáticas, aumentando potencialmente la toxicidad de algunos compuestos disueltos el potencial de determinados compuestos disueltos en el agua. (Pérez & Restrepo, 2008)

Sólidos totales disueltos

La presencia de sales disueltas y de partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión se indica mediante el total de sólidos disueltos de composición orgánica e inorgánica, es posible crear correlaciones entre los sólidos y otros parámetros, como la DQO y la DBO, para obtener resultados más precisos. (Sierra Ramírez, 2011)

Oxígeno disuelto

La cantidad de oxígeno disuelto disponible en las masas de agua, señala el grado de contaminación del agua y el impacto potencial sobre la reproducción y el crecimiento de plantas y animales, el desarrollo y la reproducción de las plantas y los animales. Los niveles elevados de agua suelen significar una alta tasa de actividad fotosintética, principalmente en las plantas acuáticas. Los niveles de oxígeno disuelto pueden aumentar como resultado de factores como la alta intensidad de la luz y el aumento de la agitación de la masa de agua con oxígeno líquido (Alcaldía de Ocaña, 2019)

Fosfato

Debido a que los detergentes sintéticos incluyen entre un 12 y un 13% de fósforo en sus fórmulas, el fósforo es una buena medida de la cantidad que se vierte en un arroyo. Además, esta variable desempeña un papel fundamental en los procesos de eutrofización de las masas acuáticas. (Sierra Ramírez, 2011)

Conductividad

La conductividad es una señal de la existencia de sales ionizadas como iones de sodio, carbonatos o cloruros. Esta característica también permite relacionar y analizar los datos en términos de sólidos disueltos en los vertidos o masas de agua (Sierra Ramírez, 2011)

Parámetros Microbiológicos

En el agua cruda puede encontrarse una gran variedad de microorganismos, algunos patógenos y otros no. Los gérmenes que pueden causar enfermedades en los seres humanos se conocen como patógenos de acuerdo con (Letterman, 2002). Mientras que los microorganismos no patógenos tienen poco impacto en la salud de las personas o los animales, los microbios patógenos son los más significativos que se descubren en el agua cruda son los microbios más significativos que pueden causar enfermedades y que están presentes en el agua son las bacterias, los virus, las algas, los hongos y ciertos protozoos.

Los coliformes totales

Los coliformes totales, muestran que la masa de agua se ha contaminado con materia orgánica de origen fecal, incluida la animal y la humana, aumentando la productividad primaria de las masas de agua, se utilizan para indicar posibles cambios en la localización biológica del agua. (Letterman, 2002)

Coliformes fecales

Las familias de entero bacterias, que componen el grupo de bacterias conocido como coliformes fecales, se han considerado históricamente como un indicador fiable de la calidad del agua cruda. El principal miembro de este grupo es la bacteria *Escherichia coli*, que se diferencia por su facilidad de crecimiento a altas temperaturas y su capacidad de fabricar la enzima glucuronidasa. Dentro de este grupo también destacan las bacterias aerobias y anaerobias facultativas. (Alcaldía de Ocaña, 2019)

Índice de riesgo de la calidad del agua para consumo humano (IRCA).

Es el nivel de riesgo de enfermedad asociado al agua que no cumple con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos del agua para su consumo. Al asignar el puntaje de riesgo previsto en la Tabla N° 6 de la Resolución N° 2115 de 2007 a las características previstas para el incumplimiento de los valores permisibles previstos en dicha Resolución, se obtuvo esta indicación por (MinAmbiente, 2020).

Índice de calidad de agua

El ICA es un valor (entre 0 y 1) que, independientemente del uso, representa el grado de calidad del agua en términos de salud humana. Este número representa una acumulación de las características físicas, químicas y, ocasionalmente, microbiológicas de la masa de agua, que pueden apuntar a problemas de contaminación (MinAmbiente, 2020).

2.4 Marco teórico

La caracterización es importante para entender la relación entre los usos del agua y los impactos ambientales y sociales, y para identificar los problemas y oportunidades de gestión del agua, la evaluación del recurso hídrico es fundamental para conocer su estado, identificar las presiones y demandas sobre el agua, y planificar su uso y gestión adecuada.

La salud de las poblaciones está influida por la calidad del agua utilizada para el consumo humano, sus características pueden ayudar a prevenir enfermedades o a propagar los agentes que las causan, como la poliomielitis, la hepatitis, diarreas agudas y los parásitos por protozoos y helmintos, que incluyen la amebiasis, la giardiasis, la criptosporidiasis y la helmintiasis. La calidad y consistencia del servicio de abastecimiento de agua son los determinantes clave de la transmisión o prevención de diversas formas de infecciones transmitidas por el agua como lo indica (González Marcos & Saldarriaga Gabriel, 2017).

Las decisiones que mejoren la calidad del agua utilizada para el consumo humano y, a su vez, proporcionen considerables ventajas sanitarias al disminuir la probabilidad de transmisión de enfermedades a través del agua contaminada, es crucial controlar y gestionar la calidad del agua para evitar estos problemas que actualmente se observan, de acuerdo con (Briñez & Guarnizo Arias, 2012)

Los Ministerios de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Sostenible, Salud y Protección Social de Colombia establecen normas que fijan los deberes de los diferentes actores para realizar actividades de observación de la calidad del agua para uso humano, según (Colombia, Congreso de la República., 2001) otorgada la Ley 715 de 2001, ha creado medidas de inspección, vigilancia y control relacionadas con la calidad del agua para consumo humano a través de las entidades encargadas del control del recurso hídrico, donde se delegan funciones de

acuerdo con las diferentes categorías municipales, definidas por el Decreto 1575 de 2007 y la Resolución 2115 del mismo año, así como de acuerdo con la Resolución 811 de 2008, que especifica los lugares y puntos de muestreo para el control y seguimiento de la calidad del agua para consumo humano.

El índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA), que se calcula para asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas de distribución, según (MinAmbiente, 2020) desde la planta de tratamiento hasta la entrega a la comunidad, mide la probabilidad de enfermedades relacionadas con el incumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano, como el color, la turbidez, el pH, el cloro residual libre, los coliformes totales y la *Escherichia coli*.

Propiedades fisicoquímicas del agua

La composición y la estructura del agua le confieren características físicas y químicas muy importantes para las funciones biológicas, en relación con su capacidad disolvente, de transporte, estructural y termorreguladora, aunque las funciones de los sistemas biológicos se manifiestan siempre en términos de procesos físicos y químicos. (CRA, 2011).

Tabla 1

Parámetros físico químicos Valor máximo permisible

Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200

Cloruros	Cl-	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro total	Fe	0,3
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5
Nitritos	NO ₂ ⁻	5,0
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0

Características Físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color Aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	UNT	2

Nota. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Resolución Número (2115) 22 de Junio de 2007. Fuente: Autoras 2023.

Propiedades microbiológicas del agua

En el agua se puede encontrar una amplia gama de componentes biológicos, desde los más pequeños hasta los más enormes. El origen de los microorganismos puede ser natural, es decir, proporcionado por el medio ambiente, pero también pueden proceder de la contaminación por vertidos domésticos e industriales, así como del arrastre del suelo; asimismo, la calidad y la cantidad de microorganismos están correlacionadas con las propiedades físicas y químicas del agua, ya que la población aumenta y se diversifica cuando el agua tiene temperaturas cálidas y materia orgánica fácilmente disponible. (Ideam, 2017)

A excepción de los gases disueltos, todos los contaminantes del agua forman parte de la carga de sólidos. Pueden tener una composición orgánica o inorgánica. Son el resultado de muchas actividades domésticas, industriales y comerciales. La definición amplia de sólidos es cualquier sustancia sólida que siga presente después de que una muestra de un determinado volumen se haya secado y evaporado, (Ramos, 2013).

Tabla 2

Parámetros permisibles microbiológicos

Técnicas utilizadas	Coliformes totales	Escherichia coli
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia –		

Ley 9 de 1979, promulgada el 24 de enero. Este decreto especifica los métodos de control sanitario del uso del agua en el Título I, artículos 3, 4, 5, 6, 7 y 8. También establece medidas sancionadoras para la preservación del medio ambiente. También establece las medidas sancionadoras para la preservación del medio ambiente. (MinAmbiente, 2020)

El Decreto No. 2857 fue expedido el 13 de octubre de 1981. Reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y ordena disposiciones adicionales, incluyendo prioridad de manejo, creación e implementación de un plan de manejo de cuencas hidrográficas, entre otras. (Decreto 1594, 1984).

1984 Decreto 1594 usos del agua y residuos líquidos. Esta ley colombiana controla cómo se utilizan el agua y los residuos líquidos en el territorio colombiano. Los términos y circunstancias establecidos en este decreto rigen la adquisición y utilización de los recursos hídricos, así como la eliminación de las aguas residuales y los residuos líquidos (Decreto 1594, 1984).

30 de diciembre de 1986: Ley No. 79. En su artículo 1º, el Congreso de la República dispone que se declararán como zonas de reserva forestal protectora, para la conservación y preservación de las aguas, las siguientes áreas. El inciso primero se refiere a todos los bosques y vegetación natural que se encuentren en fuentes de agua permanentes o no permanentes, en una extensión de por lo menos doscientos (200) metros a la redonda, medidos desde la periferia. (MinAmbiente, 2020)

El Decreto 1700 fue expedido el 31 de julio de 1989. Por el cual se crea la Comisión Nacional de Agua Potable y Saneamiento Básico, en atención a que el Gobierno Nacional ha creado el Plan de Adecuación del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (PAD), el cual

tiene como objetivo mejorar la cantidad y calidad de los servicios de acueducto y alcantarillado de la Nación, fortaleciendo la nueva institucionalidad que ofrecen las normas de descentralización (Decreto 1594, 1984).

El Decreto 1449 fue expedido el 27 de junio de 1997. Con el fin de preservar la conservación, preservación y uso de las vías fluviales, se controla en gran parte el Decreto Ley número 2811 de 1994 y el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961. Este decreto-ley establece los deberes que cada propietario debe cumplir (Presidente de la República, 2022).

El Decreto 3102 fue expedido el 30 de diciembre de 1997. El Presidente de la República reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua, en ejercicio de sus facultades constitucionales, en especial el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y las que le otorga el artículo 15 de la Ley 373 de 1997. (Decreto 1594, 1984)

El Decreto 475 fue expedido el 10 de marzo de 1998. Los requisitos técnicos de calidad del agua potable son fijados por el Presidente de la República de Colombia de acuerdo con la facultad otorgada por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política y en concordancia con las Leyes 09 de 1979 y 142 de 1994 (Decreto 1594, 1984).

El Decreto 1575 fue expedido el 9 de mayo de 2007. El Presidente de la República de Colombia establece el Sistema de Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano con el fin de vigilar, prevenir y controlar los riesgos que su consumo ocasiona a la salud humana, específicamente los señalados en el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución

Política y en concordancia con lo dispuesto en las Leyes 09 de 1979, 142 de 1994 y 715 de 2001 (Presidente de la República, 2022).

Resolución 2115 del 22 de junio 2007. los Decretos Ley 205 de 2003 y 216 de 2003, los Artículos 3°, 8° Parágrafo 1, 9° Parágrafo 4, y 14 del Decreto 1575 de 2007, por el cual se señalan las características, herramientas fundamentales y rutinas del sistema de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano. Los Ministros de la Protección Social y del Medio Ambiente. (MinAmbiente, 2020)

Resolución 622 de 2020 del Ministerio de Salud y Protección Social. Se debe adoptar el protocolo de inspección, vigilancia y control de la calidad de agua para consumo humano en zonas rurales. (Resolución 622, 2020).

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

El agua se tomó directamente de la fuente de abastecimiento, se utilizó un enfoque descriptivo para describir los aspectos técnicos y las variables operativas del sistema de agua cruda. El siguiente proyecto se realizará con un enfoque cuantitativo, ya que los factores fisicoquímicos y microbiológicos serán examinados y expresados en valores numéricos antes de realizar una evaluación cualitativa.

3.2 Población

En esta investigación la población está relacionada a usuarios del suministro de agua del corregimiento de la Floresta, Norte de Santander.

3.3. Muestra

Se tomaron las muestras puntuales, para determinar la calidad del agua disponible para el consumo humano de los habitantes, para las muestras se escogieron 3 puntos de muestreo, la primera en la captación, la segunda en el tanque de almacenamiento y la tercera en la vivienda del corregimiento para realizar la evaluación correspondiente de la calidad del agua.

3.4 Recolección de la información Vistitas de campo

Gráficos estadísticos

Con los gráficos estadísticos analizamos la información obtenida, esta nos permitió indagar y tomar decisiones frente a las actividades planteadas y así determinar la carga contaminante.

Análisis de laboratorio

Con los análisis de laboratorio calculamos los parámetros requeridos de la resolución 2115 del 2007, la información necesaria para determinar si suministro de agua cruda está cumpliendo con los parámetros permitidos.

Software ARCGIS

Con esta herramienta pudimos generar información a partir de la zona de estudio para poder determinar e identificar los diferentes componentes que conforman el área de estudio (zona hídrica, vegetal, suministro de agua, asentamientos, comunidades).

3.5 Análisis de la información

Para el cómputo y análisis de la información se tuvo en cuenta la Resolución 622 del 2020, los criterios del IDEAM para el cálculo de los índices de calidad del agua de las fuentes de agua y las normas técnicas para los sectores de agua cruda y saneamiento básico.

El diseño metodológico constará de las siguientes fases:

FASE I

Esta fase implicó la recopilación de datos primarios y secundarios, a través de información primaria por parte de los usuarios, conversaciones y discusiones con varias fuentes,

como el coordinador de la oficina de control y vigilancia de CORPONOR como ejemplo.

Además, implica la elección de lugares de muestreo.

1. Localización del terreno

Se realizó la ubicación del terreno mediante georreferenciación del suministro de agua del corregimiento.

2. Características biofísicas del terreno

Se tuvo en cuenta lo siguiente: Descripción de fuentes de agua y estado de protección, fauna, flora y climatología, topografía, asentamientos, población.

3. Caracterización y diagnóstico del suministro de agua

Para esta caracterización se tuvo en cuenta información proporcionada por entidades y autoridades encargadas, con el fin de identificar y realizar el respectivo análisis del agua suministrada a la población.

FASE II

Análisis y caracterización físico química

El tipo de muestra simple es aquella que es tomada en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual (Sierra Ramírez, 2011).

La clase de muestreo se realizó de manera manual haciendo reconocimiento de los puntos de descarga y las secciones o sitios donde hay cambios importantes en la geometría de la corriente. Después del recorrido de campo realizado se identificó que este tipo de muestreo es el más apropiado.

El muestreo manual tiene como ventaja facilitar la recolección directa de la muestra in situ, e identificar cualquier característica especial dentro de ella como sustancias flotantes, cambios de color, olores, entre otros, para así poder corregir inmediatamente fallas que se puedan presentar.

Se determinó la calidad del agua con muestras tomadas de la siguiente manera: 3 muestras por cada punto.

La identificación de las muestras será inmediata, con los siguientes datos:

- Localización donde se efectúa el muestreo.
- Sitio exacto de recolección de la muestra.
- Origen de la muestra
- Fecha y hora.
- Tipo de muestra
- Observaciones (apariencia, olor, color, etc.).
- Nombre de la persona que toma la muestra.

Los recipientes se esterilizaron para la toma de las muestras fisicoquímicas, fueron botellas de plástico (1– 2 litros) con boca ancha (diámetro de 1-2 cm), y para las muestras microbiológicas se utilizaron bolsas estériles. Para evitar confusiones entre los puntos de muestreo, se utilizaron rótulos que identificaron cada muestra, y el envase se selló con cinta de enmascarar para proteger las muestras recolectadas.

El almacenamiento de las muestras se hizo sin producir ninguna alteración en la calidad del agua, se colocaron las muestras en una cava con hielo, es la práctica más aconsejable para

preservar la muestra y evitar que se presenten cambios fisicoquímicos o biológicos antes de que se realicen los análisis.

Una vez completada la recolección de muestras se trasladaron al Laboratorio de Aguas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, donde se realizaron los respectivos análisis de los parámetros fisicoquímicos (Fluoruros, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Hierro, Fosfatos, Cobre pH, Dureza Total, Alcalinidad, Color aparente y Turbiedad) y microbiológicos (Coliformes totales y *Escherichia coli*) de las muestras tomadas anteriormente, de acuerdo a los procedimientos establecidos en los Standard Methods for Examination of Water and Wastewater.

Los resultados de los análisis de las muestras en el Laboratorio, se compararon con los límites máximos aceptables encontrados en la Resolución 2115 del 2007, aplicable al Agua cruda.

FASE III

Cálculo de índice de calidad de agua (ICA)

$$ICA_j = \left(\sum W_i \cdot I_{ij} \right)$$

ICA_j Es el Índice de Calidad del Agua calculado a la altura de un punto de monitoreo j.

W_i Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

Oxígeno disuelto (OD): Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas. Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

$$PS_{OD} = \frac{Ox * 100}{Cp}$$

Dónde:

O_x : Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de re-oxigenación.

C_p : Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el subíndice del oxígeno disuelto I_{OD} se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (0,01 \cdot PS_{OD} - 1)$$

Sólidos suspendidos totales (SST): La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + (0,003 \cdot SST))$$

Si $SST \leq 4,5$, entonces $I_{SST} = 1$

Si $SST \geq 320$, entonces $I_{SST} = 0$

Demanda química de oxígeno (DQO): Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica.

Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Cataluña se calcula con la fórmula:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

Si $DQO > 80$, entonces $I_{DQO} = 0,125$

Conductividad eléctrica (C.E.): Está relacionada con la presencia de sales en solución cuya disociación genera cationes y aniones capaces de transformar energía eléctrica. Refleja condiciones de mineralización.

Se calcula como sigue:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \cdot \text{Log}(10 \cdot CE))}$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

pH: Mide el nivel de acidez o basicidad de las aguas; niveles extremos afectan los procesos de osmorregulación de la flora y fauna acuática.

Si $pH < 4$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $I_{pH} = 0,02628419 \cdot e^{(pH \cdot 0,520025)}$

Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

Si $8 < pH \leq 11$, entonces $I_{pH} = 1 \cdot e^{[(pH-8) \cdot (-5187742)]}$

Si $pH > 11$, entonces $I_{pH} = 0,1$

Tabla 3

Clasificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA

Descriptor	Rango	Color
Bueno	0,91 – 1,00	
Aceptable	0,71 – 0,90	
Regular	0,51 – 0,70	
Malo	0,26 – 0,50	
Muy malo	0 – 0,25	

Nota. Fuente. (IDEAM)

Cálculo del IRCA

Se calculó el Índice de Riesgo de calidad de Agua, IRCA según la Resolución 2115 del 2007. Para el cálculo del IRCA al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje de riesgo contemplado en la **tabla 1** a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos en la presente resolución:

Tabla 4

Puntaje de Riesgo

Características	Puntaje de Riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro residual	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3

Aluminio	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25
Sumatoria de puntajes asignados	100

Nota. Puntajes de riesgo asignados por la resolución 2115 del 2007.

El cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua rural para consumo humano - IRCA, se realizará utilizando las siguientes fórmulas:

El IRCA por muestra:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características NO aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

Tabla 5

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)
80.1 – 100	Inviabile sanitariamente	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.
35.1 – 80	Alto	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD.

14.1 – 35	Medio	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador.
5.1 – 14	Bajo	Informar a la persona prestadora y al COVE.
0 – 5	Sin riesgo	Continuar el control y la vigilancia.

Nota. Clasificación de Puntajes de riesgo asignados por la resolución 2115 del 2007.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Condiciones iniciales del suministro de agua y del área de estudio

El proyecto se localiza en el corregimiento de la floresta, Ocaña a 19 Km del casco urbano de Ocaña, con un área total la vereda de 1,9 Hectáreas según los datos geográficos obtenidos mediante el procesamiento con la herramienta QGIS las coordenadas de la vereda son Latitud: 8°22'58.70"N y Longitud: 73°20'46.89"O.

Cuenta con una población estimada de 120 personas. Este importante corregimiento posee aproximadamente 34 casas y 6 fincas abastecidas por la quebrada las Damas con un caudal aproximado de 10 lt/s siendo este el cauce más importante que tiene el corregimiento de acuerdo con (Quintero López, 2023).

El corregimiento de La Floresta se encuentra en una zona con una importante red de ríos y quebradas, el acueducto que abastece el corregimiento tiene una captación desde el municipio de Convención Norte de Santander, como sus principales Quebradas las Damas, que abastece a 34 casas en Norte de Santander y 36 en otro corregimiento del Cesar de acuerdo con (Quintero López, 2023).

El corregimiento no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable solamente existe un tanque de almacenamiento con una capacidad aproximada de 1200 litros donde llega el agua por medio de mangueras y tubo de PVC desde la quebrada las Damas hasta el tanque para ser distribuida a la comunidad en general, hay habitantes que son encargados de abrir y cerrar las llaves del tanque de distribución, la encargada de esta tarea es la Señora Irma Sánchez, a cada usuario se les cobra mensualmente 5mil pesos, estos recursos son asignados para pagar a la persona encarga del tanque y en caso de que las mangueras o tubería necesite de su remplazo o

acondicionamiento, los mismos habitantes son los encargados de hacerle limpieza cada seis meses al tanque de almacenamiento, el agua llega por medio de gravedad, desde el punto de captación hasta una finca que le pertenece a Corponor de acuerdo a la señora Olga Quintero quien pertenece a la junta de acción comunal.

Figura 1

Tanque de almacenamiento



Fuente. Autoras 2023.

Red de distribución.

La red de distribución actual en el corregimiento de la Floresta es inadecuada para abastecer a toda la población debido a que se maneja de manera artesanal, utilizando mangueras. Aunque el caudal captado es de 10 litros por segundo, la falta de una planta de tratamiento en

óptimas condiciones implica que el agua suministrada no cumple con los estándares necesarios para el consumo humano (Quintero López, 2023)

Además, según información brindada por (Quintero López, 2023), el corregimiento carece de micromedidores y documentación sobre el consumo del recurso hídrico, lo que dificulta el monitoreo y control del suministro de agua. Los usuarios en sus viviendas tienen tanques elevados y depósitos de agua artesanales, lo que aumenta el riesgo de contaminación y afecta la calidad del agua.

Dado que el suministro de agua se realiza por gravedad, los usuarios que viven en lugares más elevados sufren fallos en el sistema de distribución, lo que les impide recibir un suministro constante de agua potable. Se recomienda la implementación de medidas para mejorar la distribución, incluyendo la instalación de micromedidores y la documentación del consumo del recurso hídrico, lo que permitirá un mejor control del suministro y una distribución más equitativa del agua. Además, se deben construir tanques elevados y depósitos de agua adecuados, y se debe considerar la posibilidad de instalar una planta de tratamiento para garantizar un suministro de agua potable de alta calidad a toda la población.

Figura 2

Aducción por medio de mangueras en la red de captación



Fuente. Autoras 2023.

Tabla 6

Características morfométricas de la Quebraja las Damas

Parámetro	Resultado	Explicación
Área de la cuenca	1023,43 Ha	Es el área plana delimitada por su divisoria o parte aguas
Perímetro (P)	13.65 Km	Medición lineal del parte aguas.
Longitud (Lc)	5.65 Km	Medida desde la salida hasta el límite de la divisoria
Forma de la Microcuenca (Cc)	1,54	Microcuenca irregular, menos susceptible a inundaciones.
Número de orden de cauce y colector principal	3 Orden	Refleja el grado de ramificación de la Microcuenca
Pendiente media de la Microcuenca	18,87 %	Cuenca con gran potencial erosivo en una fase de juventud (términos geológicos)

Longitud de Cauces (L)	24,56 Km	Se mide desde el punto de desfogue hasta su cabecera principal.
Densidad de la Corriente (Dc)	2,09 Km/KM2	Presenta arrastre de sedimentos.

Nota. La tabla muestra las diferentes características morfométricas de la Quebrada La Damas. *Fuente.* (Alcaldía de Ocaña, 2019)

Suelos: La Floresta cuenta con una gran diversidad de suelos, debido a su topografía montañosa y a la variabilidad en la precipitación. Los suelos en la zona son utilizados principalmente para la producción agrícola, siendo los cultivos de cacao, café, plátano y frutales los más comunes. (Quintero López, 2023)

Vegetación: La Floresta se encuentra en una región de transición entre la selva húmeda tropical y los bosques secos. La zona cuenta con una amplia variedad de especies vegetales, entre ellas se pueden encontrar árboles como la ceiba, el samán, el guayacán y el nogal, además de diferentes especies de plantas medicinales y ornamentales. (Quintero López, 2023)

Fauna: La región cuenta con una importante biodiversidad de fauna, siendo la avifauna la más destacada, con especies como el colibrí, el tucán, la guacamaya y el carpintero. En la zona también se encuentran mamíferos como el oso hormiguero, el mono aullador, el armadillo y el venado. (Quintero López, 2023)

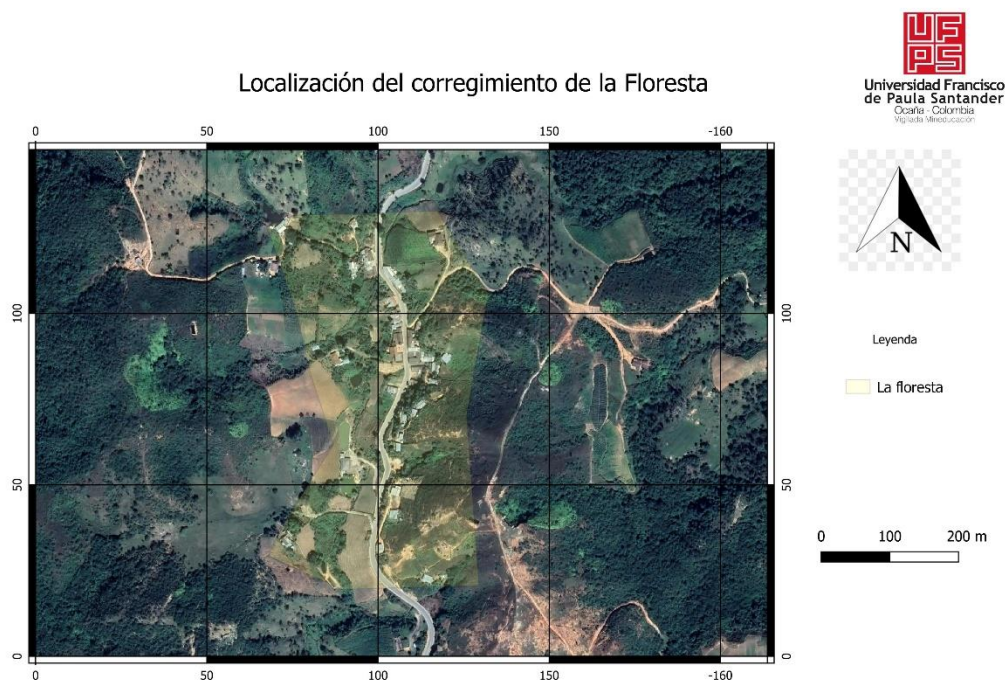
Clima: La Floresta presenta un clima tropical, con una temperatura media anual de 27°C y una humedad relativa del 70%. La región tiene una temporada de lluvias que va de mayo a noviembre, con una precipitación promedio de 1.500 mm. (Quintero López, 2023)

Paisaje: El corregimiento de La Floresta cuenta con un paisaje montañoso, con alturas que oscilan entre los 300 y los 1.500 metros sobre el nivel del mar. Los valles y las quebradas de

la región son propicios para la práctica del turismo ecológico y de aventura, como caminatas, ciclismo de montaña y paseos en canoa. (Quintero López, 2023)

Figura 3

Localización del corregimiento la Floresta



Nota. Mediante la herramienta QGIS 3.26.3 se logró la georeferenciación del área de estudio. *Fuente.* Autoras 2023.

En resumen, el corregimiento de La Floresta en Ocaña, Norte de Santander, cuenta con una gran riqueza natural en cuanto a recursos hídricos, suelos, vegetación, fauna, clima y paisaje, lo que lo convierte en una zona de gran valor ecológico y turístico. Es importante proteger y conservar estos componentes ambientales para garantizar su sostenibilidad y el bienestar de las comunidades locales.

Conocedores del corregimiento de La Floresta como (Rodriguez, 2023) coordinador de la oficina de control y vigilancia de CORPONOR, según (Prada, 2023), es habitante del corregimiento y encargada del tanque de captación, afirman que cada una de las casas cuentan con un tanque de almacenamiento, los cuales en tiempo de verano sufren de la escasez del preciado líquido, generando consecuencias en la población. Además, no existe un programa de uso eficiente y ahorro de agua, por lo que el agua tiene otros usos aparte del doméstico (agropecuario y ganadero).

4.2 Analizar los parámetros físico-químicos y microbiológicos

Este estudio determinó si el agua para consumo humano del corregimiento la floresta, cumplía con los parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Resolución 2115 del 2007. Para ello, se realizaron muestreos de diferentes puntos, fuentes naturales, tanques de almacenamiento y vivienda. El análisis de los resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las muestras recolectadas, permitió conocer en qué condiciones se encontraban los valores de la calidad del agua en los puntos seleccionados arrojando un veredicto acerca del estado actual del afluente que satisface cada una de las necesidades de alrededor de 120 habitantes en la zona de estudio.

4.2.1 Localización puntos de muestreo:

Figura 4

Localización de los puntos de muestra



Nota. Mediante la herramienta QGIS 3.26.3 se logró la georeferenciación de los puntos de muestreo.

Fuente. Autoras 2023.

Muestra 1 Tanque de almacenamiento El recurso hídrico se encuentra localizado en las coordenadas Latitud: 8°23'1.51"N y Longitud: 73°20'41.10"O datos adquiridos mediante el uso de GPS.

Figura 5

Toma de muestra 1 Tanque almacenamiento

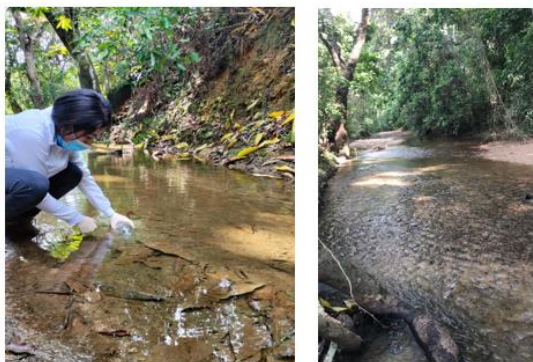


Fuente. Autoras 2023.

Muestra 2 Quebrada. Se encuentra localizado en las coordenadas Latitud: 8°22'58.56"N y Longitud: 73°20'35.81"O datos adquiridos mediante el uso de GPS.

Figura 6

Toma de muestra 2 Quebrada



Fuente. Autoras 2023.

Muestra 3 Vivienda consumo humano. El agua para consumo humano la tratan ellos mismo mediante la técnica de hervir el agua, la vivienda que se tomó de referencia tiene coordenadas Latitud: 8°23'5.82"N y Longitud: 73°20'44.95"O datos adquiridos mediante el Uso de GPS.

Figura 7

Toma de muestra 3 Vivienda consumo humano



Fuente. Autoras 2023.

4.2.2 Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas

Tabla 7

Resultados de la muestra 1-2-3 de agua cruda del corregimiento de la Floresta

Parámetros	Unidades	Muestra 1 Tanque de almacenamiento	Muestra 2 Quebrada	Muestra 3 vivienda	Valores máximos permisibles (Res 2115 del 2007)
Fluoruros	mg/L F ⁻	0	0,32	0	1,0
Nitratos	mg/L N- NO ₃ ⁻	3.21	3.02	3.45	10
Nitritos	mg/L N- NO ₂ ⁻	0.1089	0.0062	0.11979	0,1
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	1	4	2	250
Hierro	mg/L Fe	0,08	0.06	0.05	0,3
Fosfatos	mg/L PO ₄ ³⁻	0.61	0.19	4.04	0,5
Turbiedad	NTU	0.81	0.87	0.83	2
Color Aparente	UPtCo	16	18	18	15
Cloro libre	mg/L Cl ₂	0	0	0	0,3-2,0
Cobre	mg/L Cu	0.04	0	0.12	1,0
Ph	pH	7.02	6.66	7.03	6,5-9,0
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	40	42	20	N.A
Demanda Biológica de Oxígeno	mg O ₂ /L	8	7	3	N.A
Solidos Totales	mg/L	185	183	122	N.A
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	144	150	163	N.A
Solidos Disueltos Totales	mg/L	12	14	21	N.A
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	120	66.5	118	200
Dureza total	mg/L CaCO ₃	126.3	68	122.6	300
Coliformes totales	UFC/100mL	275	>300	204	0
<i>Escherichia coli</i>	UFC/100mL	108	115	92	0
Aerobios Mesofilos	UFC/100mL	232	240	265	<100

Nota. Resultados de las muestras de agua calculadas en el laboratorio de aguas de la UFPSO.

Fluoruros

Tabla 8

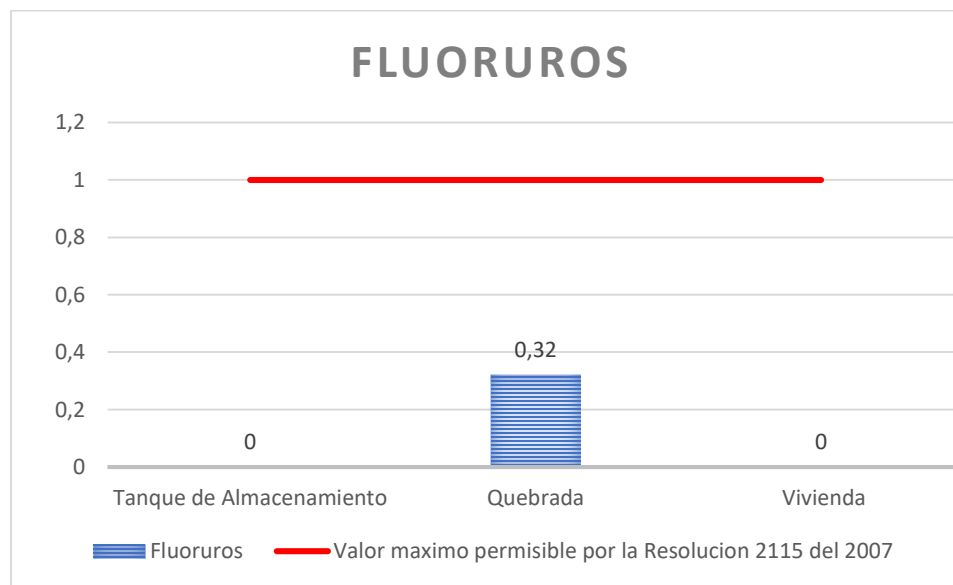
Resultado parámetro fluoruros

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1</i>	<i>Muestra 2</i>	<i>Muestra 3</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Fluoruros	0	0,32	0	1,0 mg/L F-

Nota. El parámetro fluoruros cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 8

Grafica resultado parámetro fluoruros comparación de las muestras.



Observación. En la tabla 8 se puede observar que los fluoruros están cumpliendo con la normatividad por ser un compuesto químico que se encuentra de forma natural en la mayoría de las aguas subterráneas y superficiales, por lo que su presencia en el agua cruda es común. Los

fluoruros pueden estar presentes en el agua debido a la disolución de minerales que contienen fluoruros, como la fluorita, que es un mineral común en muchas rocas ígneas y sedimentarias.

Nitratos

Tabla 9

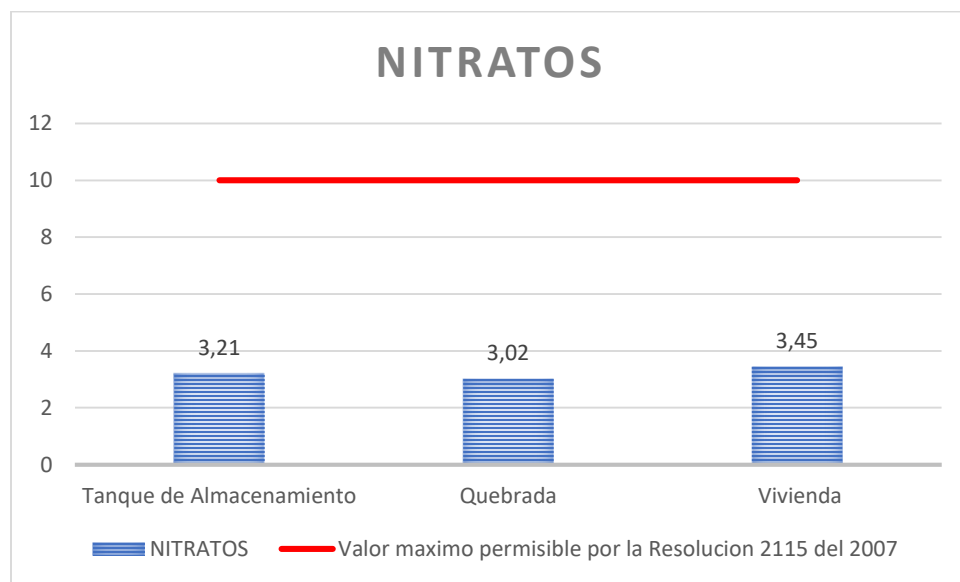
Resultado parámetro nitratos.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Nitratos	3.21	3.02	3.45	10 mg/L N-NO ₃ -

Nota. El parámetro nitratos en la muestra cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 9

Grafica resultado parámetro Nitratos



Observación: Una de las causas principales es la contaminación de las fuentes de agua subterránea y superficial con fertilizantes agrícolas, especialmente aquellos que contienen

nitrógeno, como el nitrato de amonio, el nitrato de potasio y el urea, el corregimiento cuenta con diversos cultivo que utilizan estos contaminantes, sin embargo en la gráfica 9 se puede observar que en las tres muestras obtenidas, se mantuvieron en el mismo rango cumpliendo con el valor máximo permisible por la resolución 2115 del 2007.

Nitritos

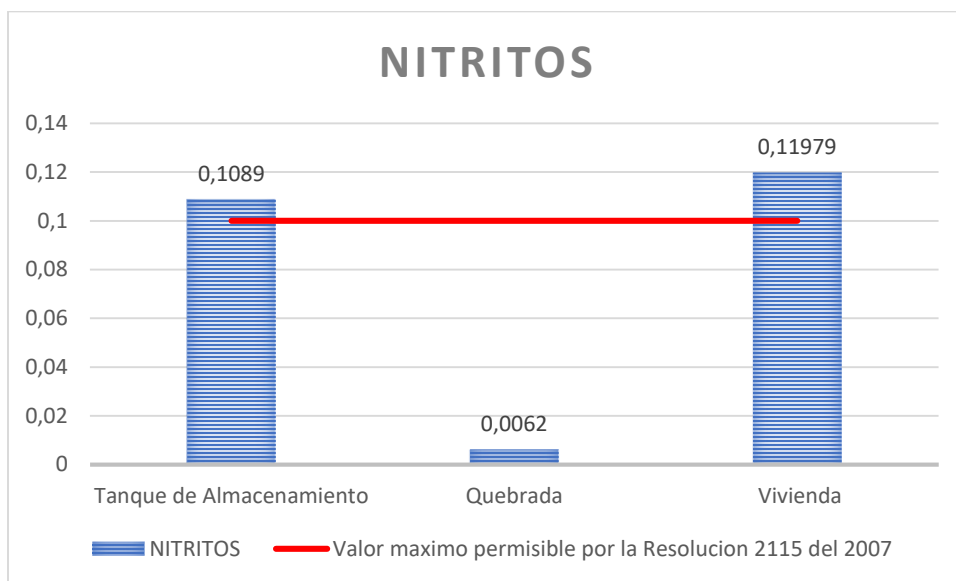
Tabla 10

Resultado parámetro Nitritos.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
------------------	--	-------------------------------	-------------------------------	--

Figura 10

Grafica Resultado parámetro Nitritos.



Observación. El parámetro nitritos no está cumpliendo con la normatividad, los resultados arrojaron que en el tanque de almacenamiento y vivienda están por encima del valor máximo permisible, la presencia de nitrito en el agua son el subproducto común de la descomposición de la materia orgánica, como las hojas y la materia vegetal en descomposición. Por lo tanto, las fuentes de agua que contienen grandes cantidades de materia orgánica, como los cuerpos de agua superficiales y las fuentes de agua subterránea cercanas a la superficie, pueden contener niveles elevados de nitritos.

Los nitritos pueden ser producidos por bacterias que utilizan compuestos de nitrógeno, como el amonio y los nitratos, como fuente de energía. Estas bacterias pueden encontrarse en las

fuentes de agua subterránea y superficial y pueden producir nitritos como un subproducto de su metabolismo.

En el agua cruda son preocupantes debido a que pueden reaccionar con otras sustancias químicas para formar compuestos potencialmente peligrosos, como las nitrosaminas, que se han relacionado con el cáncer en estudios realizados en animales. Además, los nitritos también pueden ser perjudiciales para la salud humana, especialmente para los bebés, ya que pueden interferir en la capacidad de la sangre para transportar oxígeno.

Sulfatos

Tabla 11

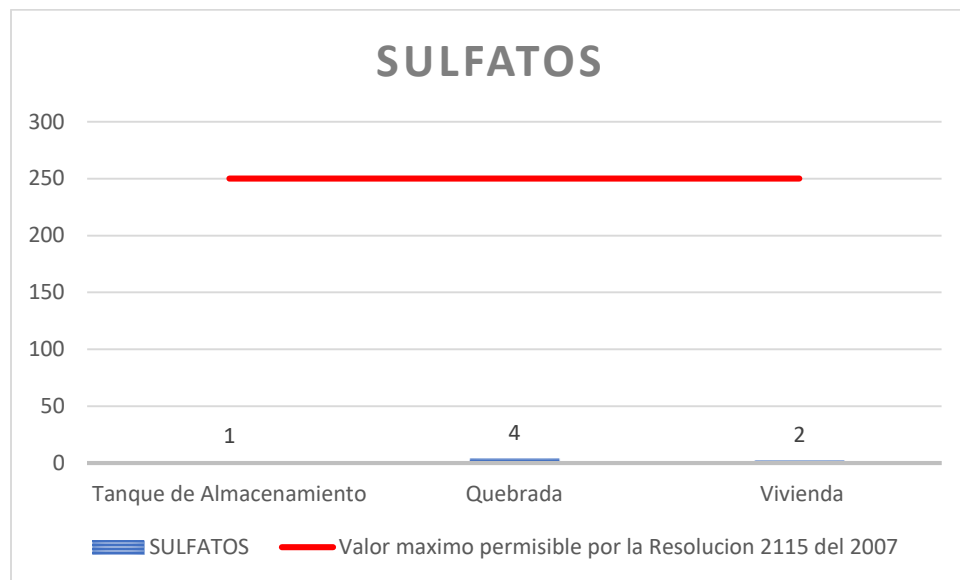
Resultados parámetro Sulfatos.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Sulfatos	1	4	2	250 mg/L SO ₄ ²⁻

Nota. El parámetro sulfatos cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 11

Grafica resultados parámetro sulfatos



Observación. Los resultados de la prueba del sulfato se sitúan en el máximo de 4, mostrando una concentración constante baja. Esto es evidente en la tabla 11, donde se muestran los valores de los resultados de las pruebas. La cantidad permitida por la Resolución 2115 de 2007 es inferior al valor máximo de 250 mg/l. Los sulfatos son sales que se encuentran en la mayoría de las aguas superficiales, ya que se producen naturalmente en la tierra y en las rocas. La disolución de las rocas que contienen sulfatos, como el yeso y la anhidrita, puede liberar sulfatos en el agua.

Sin embargo, en niveles muy altos, los sulfatos pueden causar problemas de sabor en el agua y pueden actuar como un laxante suave en algunas personas. Además, los sulfatos pueden contribuir a la corrosión de las tuberías de agua, lo que puede afectar la calidad del agua y la integridad del sistema de distribución de agua.

Hierro

Tabla 12

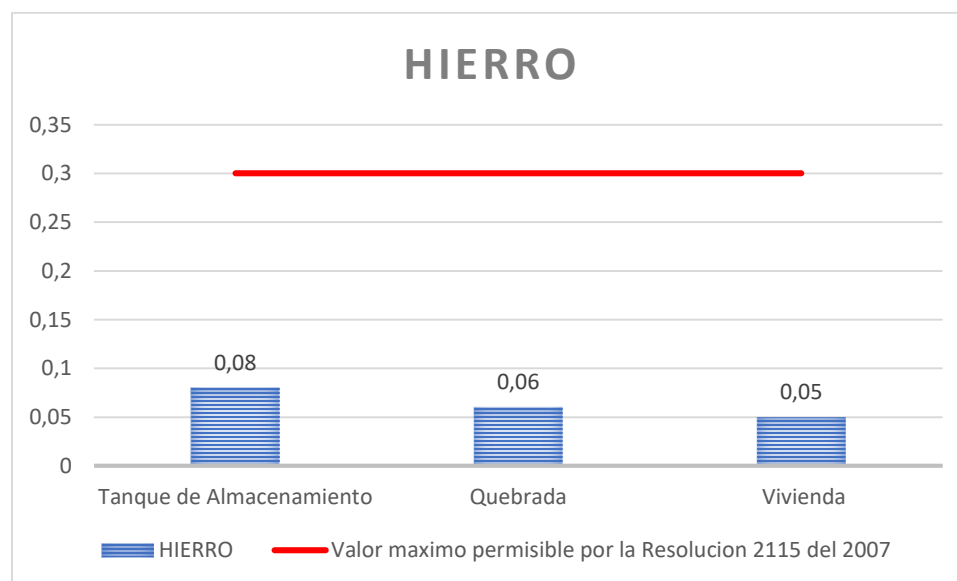
Resultados parámetro hierro.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Hierro	0.08	0.06	0.05	0,3 mg/L Fe

Nota. El parámetro hierro cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 12

Grafica Resultados parámetro hierro



Observación. La Tabla 12 y la Gráfica 10 demuestran que los resultados de hierro se encuentran en el rango de 0,06-0,03 mg/L, lo que permite asumir que este efluente no presenta una alta carga de minerales de este tipo, con respecto al valor permisible 0,3 mg/L de la

resolución 2115 de 2007. La disolución de las rocas que contienen hierro, como la magnetita y la hematita, puede liberar hierro en el agua. Además, el agua subterránea que se encuentra en áreas con suelos ricos en hierro también puede contener niveles elevados de hierro.

La presencia de hierro en el agua cruda puede causar problemas estéticos, como manchas de óxido en las superficies y plomería, así como un sabor y olor desagradables en el agua. Además, la presencia de hierro en el agua puede causar problemas técnicos, como la obstrucción de las tuberías de agua y los sistemas de tratamiento de agua.

Fosfatos

Tabla 13

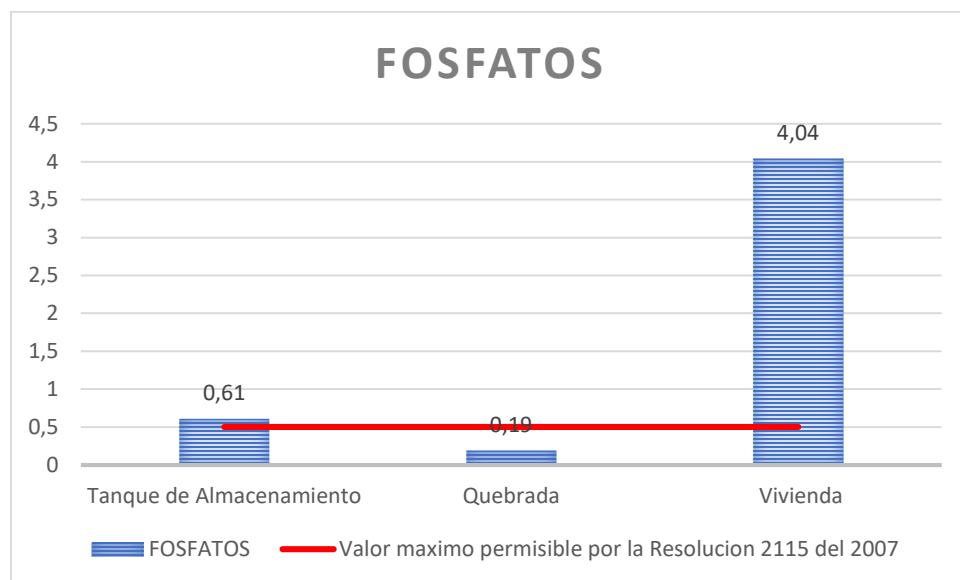
Resultados parámetro fosfatos.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Fosfatos	0.61	0.19	4.04	0,5 mg/L PO_4^{3-}

Nota. El parámetro fosfatos en la muestra 1 -3 no cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 13

Grafica Resultados parámetro fosfatos.



Observación. En la tabla 13 podemos observar que el parámetro no cumple en la muestra 1 y 3 está por encima del valor permisible, la presencia de fosfatos alta en el agua cruda puede ser una preocupación para la calidad del agua y la salud humana. Los altos niveles de fosfatos altos en la vivienda y en tanque de almacenamiento pueden contribuir al crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, lo que puede reducir la calidad del agua y afectar a la vida acuática. Además, la descomposición de las algas y las plantas puede reducir los niveles de oxígeno en el agua, lo que puede ser perjudicial para la vida acuática y puede contribuir a la formación de compuestos químicos dañinos.

En la muestra 2 que fue la quebrada tiene un valor permisible con la normatividad, los fosfatos son compuestos químicos que contienen fósforo, un elemento que se encuentra naturalmente en la mayoría de las aguas. El fósforo es un nutriente esencial para el crecimiento

de las plantas y los organismos acuáticos, y se encuentra en las rocas y sedimentos en el fondo de los cuerpos de agua.

En la salud humana los trihalometanos se han relacionado con un mayor riesgo de cáncer y otros problemas de salud. Por lo tanto, es importante controlar los niveles de fosfatos en el agua cruda y tratar el agua adecuadamente para reducir los riesgos para la salud y el medio ambiente.

Turbiedad

Tabla 14

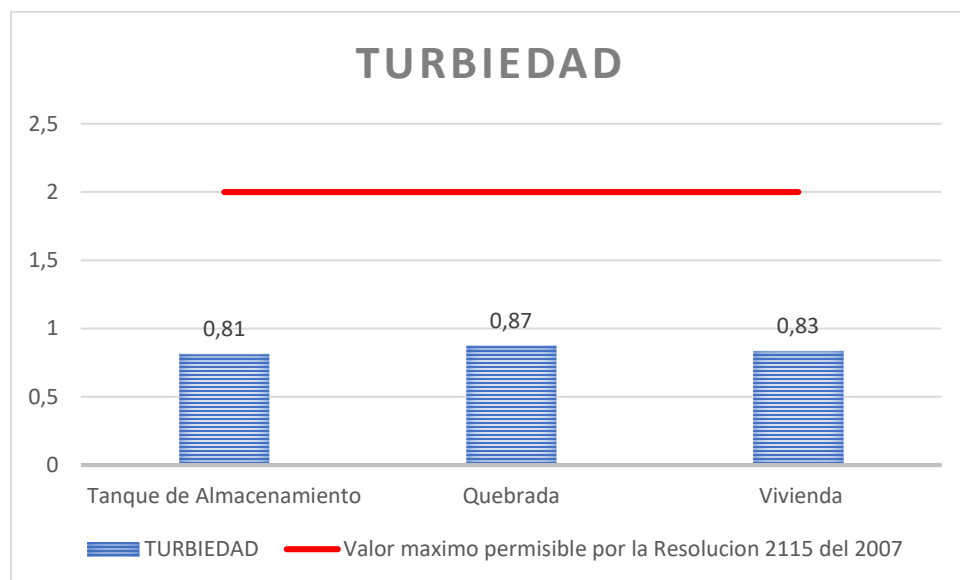
Resultados parámetro turbiedad.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Turbiedad	0.81	0.87	0.83	2 NTU

Nota. El parámetro turbiedad cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 14

Grafica Resultados parámetro turbiedad.



Observación. Para la tabla 14 se logra observar que la turbidez para el agua varía entre 0,81 y 0,87 unidades nefelométricas de turbidez, que es bajo en algunos lugares, la turbidez es inferior al nivel exigido por la Resolución 2115 de 2007.

Las partículas suspendidas en el agua pueden albergar bacterias y virus, lo que puede aumentar el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Además, la turbiedad puede reducir la eficacia de los procesos de tratamiento de agua, lo que puede llevar a una menor calidad del agua tratada.

Es importante medir y controlar los niveles de turbiedad en el agua cruda para garantizar la calidad del agua y prevenir problemas de salud y medioambientales. Los procesos de tratamiento de agua, como la filtración y la sedimentación, se utilizan comúnmente para eliminar la turbiedad del agua cruda antes de que se distribuya como agua potable. También se pueden tomar medidas para reducir la turbiedad en la fuente, como la gestión adecuada de la tierra y la

prevención de la erosión del suelo.

Color Aparente

Tabla 15

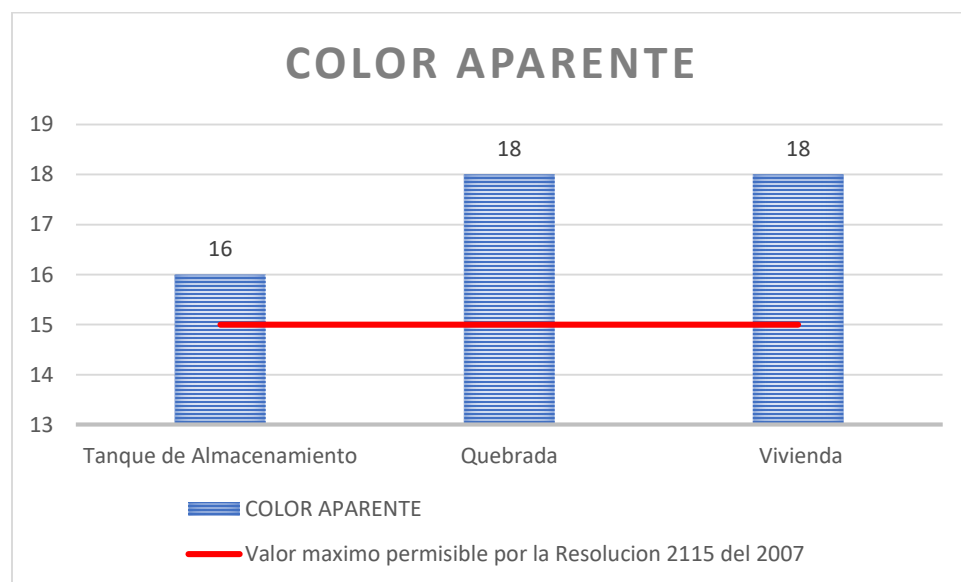
Resultados parámetro Color Aparente.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Color Aparente	16	18	18	15 UPtCo

Nota. El parámetro Color aparente no cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 15

Grafica Resultados parámetro Color Aparente



Observaciones. La tabla 15 nos indica que las muestras están por encima del valor máximo permisible establecido en la resolución 2115 de 2007. El aumento del parámetro en las

3 muestras se debe a la presencia de partículas en suspensión por el arrastre de sedimentos, como también el resultado de materiales orgánicos e inorgánicos, y sustancias no naturales presentes en la red de distribución.

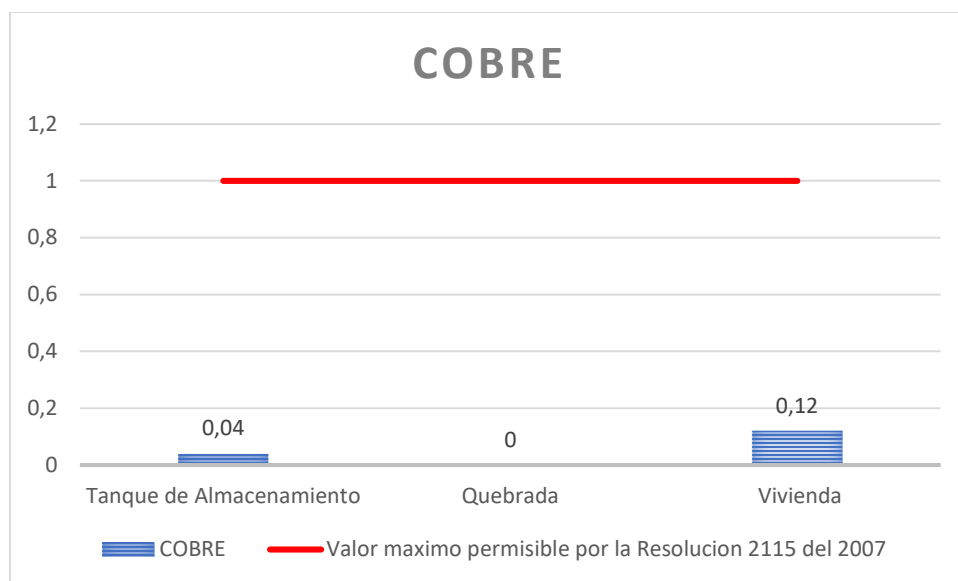
Cobre

Tabla 16

Resultados parámetro Cobre.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Cobre	0.04	0	0.12	1,0 mg/L Cu

Nota. El parámetro cobre cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 15

Observación. Como podemos observar en la tabla 16, existe una muy baja presencia del cobre en el agua, la poca disposición de cobre en el agua cruda puede deberse a que el cobre no es un elemento comúnmente encontrado en las fuentes naturales de agua como ríos, lagos y cuencas. El cobre es un metal que se encuentra en las rocas y minerales del suelo, pero generalmente no se disuelve fácilmente en el agua, especialmente en aguas con un pH cercano a la neutralidad.

pH

Tabla 17

Resultados parámetro Ph.

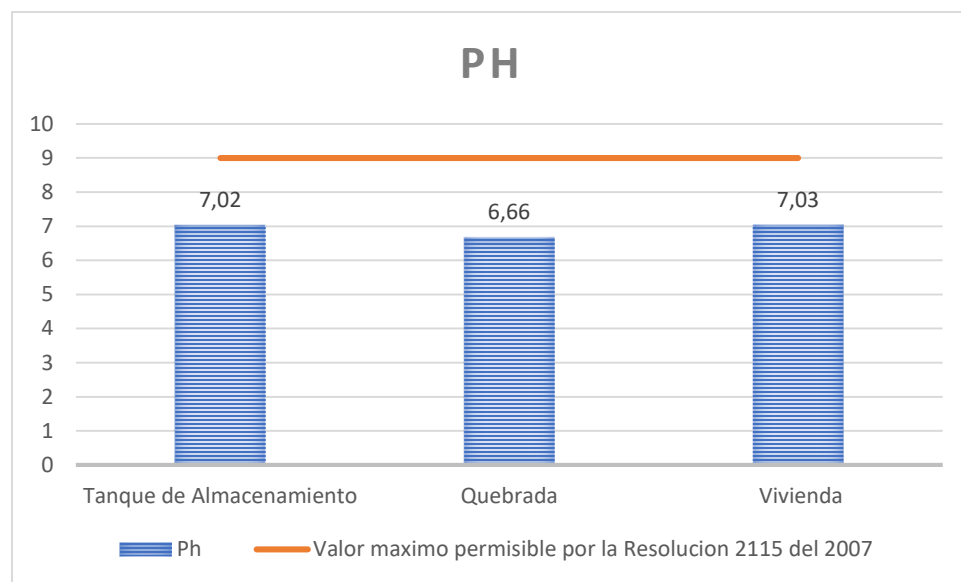
Parámetro	Muestra 1 Tanque Almacenamiento	Muestra 2 Quebrada	Muestra 3 Vivienda	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007

pH	7.02	6.66	7.03	6,5 – 9.0 pH
----	------	------	------	--------------

Nota. El parámetro pH cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 16

Grafica Resultados parámetro pH



Observación. Los resultados para el Ph (potencial de hidrógeno) se muestran en la tabla 17 y en el gráfico 16, reflejan que los valores se sitúan entre 6.66 y 7.03, indicando que el pH es ligeramente alcalino, lo que favorece la realización de actividades biológicas por parte de los organismos presentes en la microcuenca. En cuanto a los niveles de pH establecidos por la Resolución 2115 de 2007, se encuentran dentro del rango permitido, el cual oscila entre 6.5 y 9.0.

Alcalinidad

Tabla 18

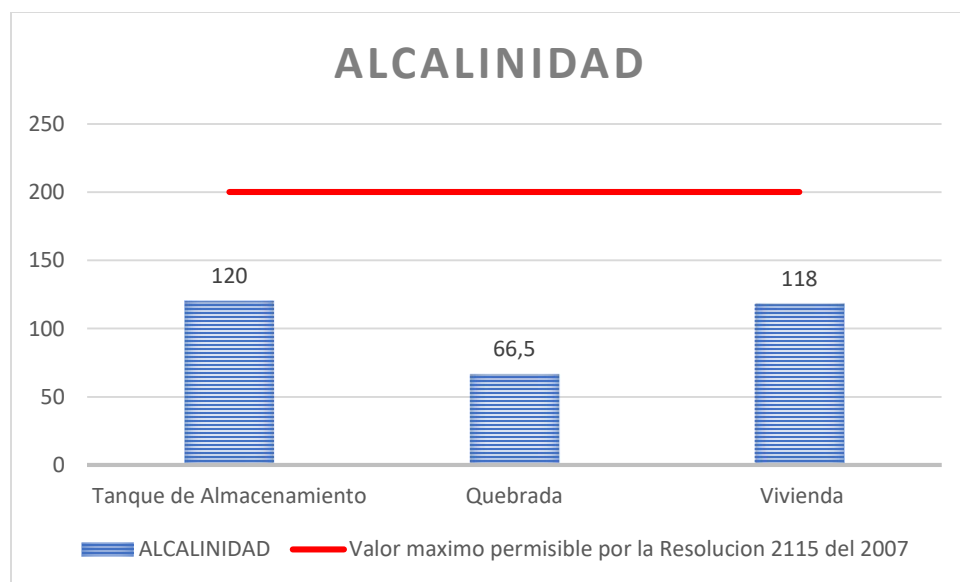
Resultados parámetro alcalinidad.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Alcalinidad	120	66.5	118	200 mg/L CaCO ₃

Nota. El parámetro alcalinidad cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 17

Grafica Resultados parámetro alcalinidad



Observaciones. En la tabla anterior, podemos ver que los niveles de alcalinidad para las muestras en cada punto están entre 66.5 y 120 mg/L, estos valores, de acuerdo con la normativa

vigente en ese momento, no superan el valor máximo permitido. Debido a su rango medio y al cumplimiento de la legislación vigente.

La alcalinidad del agua es causada por la presencia de iones hidróxido (OH^-) y bicarbonato (HCO_3^-) disueltos en el agua, sí como quizás algunas sales ácidas débiles como boratos, silicatos, fosfatos y nitratos. Estos iones provienen principalmente de la disolución de rocas y minerales que contienen carbonato, como la piedra caliza y la dolomita, y también pueden ser producidos por la actividad biológica en el agua.

La alcalinidad puede tener una variedad de efectos en el agua y su tratamiento. Por ejemplo, la alcalinidad puede ayudar a estabilizar el pH del agua, lo que es importante para el tratamiento y la distribución del agua potable. Sin embargo, la alcalinidad también puede causar la formación de depósitos minerales en las tuberías y otros equipos de tratamiento de agua, lo que puede reducir la eficiencia de estos equipos.

Dureza

Tabla 19

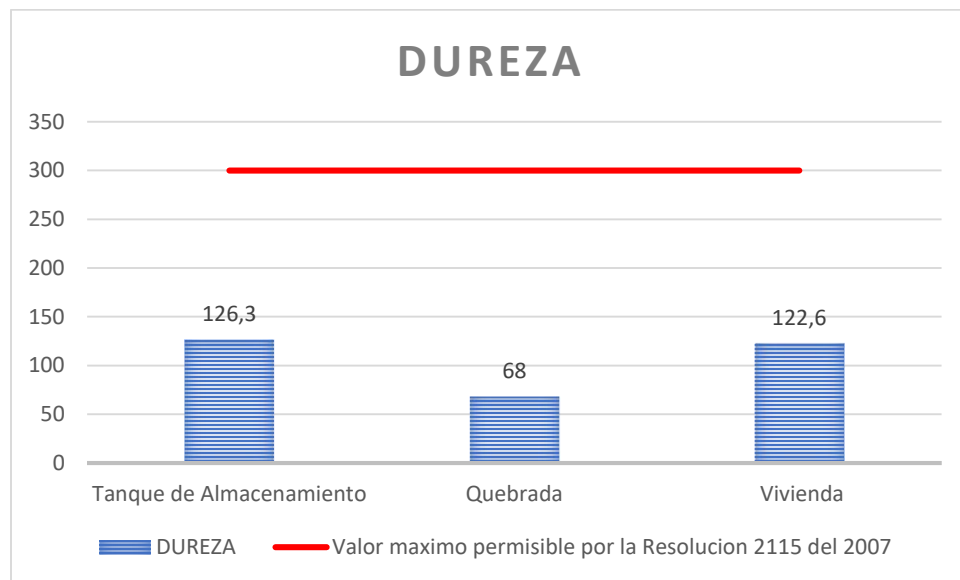
Resultados parámetro Dureza Total.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Dureza total	126.3	68	122.6	300 mg/L CaCO_3

Nota. El parámetro dureza cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 18

Grafica Resultados parámetro dureza



Observación. La dureza del agua es causada por la presencia de minerales, especialmente calcio y magnesio, que se disuelven en el agua. El resultado nos indica que el agua está cumpliendo con el valor máximo permitido por la resolución, se encuentra en un rango entre 68 y 126.3 mg/L, y el valor aceptable es hasta 300 mg/L.

Estos minerales provienen principalmente de la erosión del suelo y las rocas que contienen calcio y magnesio, como la piedra caliza y la dolomita. Por lo tanto, la presencia de dureza en el agua cruda puede deberse a la geología del área de donde se obtiene el agua.

La dureza del agua no es un problema de salud, pero puede causar otros problemas. Por ejemplo, la dureza del agua puede provocar la acumulación de depósitos minerales en tuberías, calentadores de agua y otros equipos, lo que puede reducir la eficiencia de los equipos y aumentar los costos de energía. Además, la dureza del agua puede reducir la eficacia de los jabones y detergentes, lo que puede hacer que sea más difícil lavar y limpiar.

Coliformes totales

Tabla 20

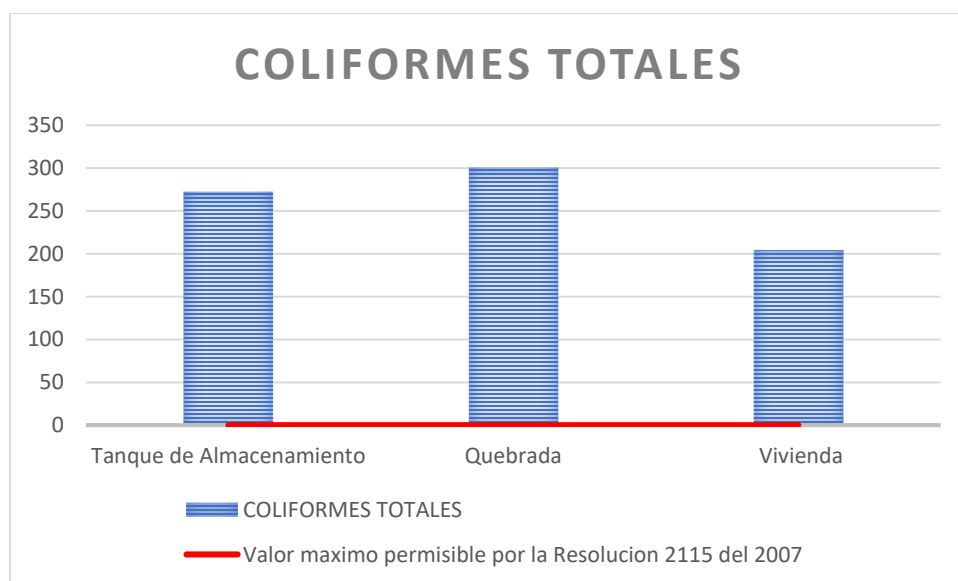
Resultados parámetro Coliformes totales.

<i>Parámetro</i>	<i>Muestra 1 Tanque Almacenamiento</i>	<i>Muestra 2 Quebrada</i>	<i>Muestra 3 Vivienda</i>	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
Coliformes totales	275	>300	204	0 UFC/100mL

Nota. El parámetro coliformes totales no cumple con el valor permitido de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023.

Figura 19

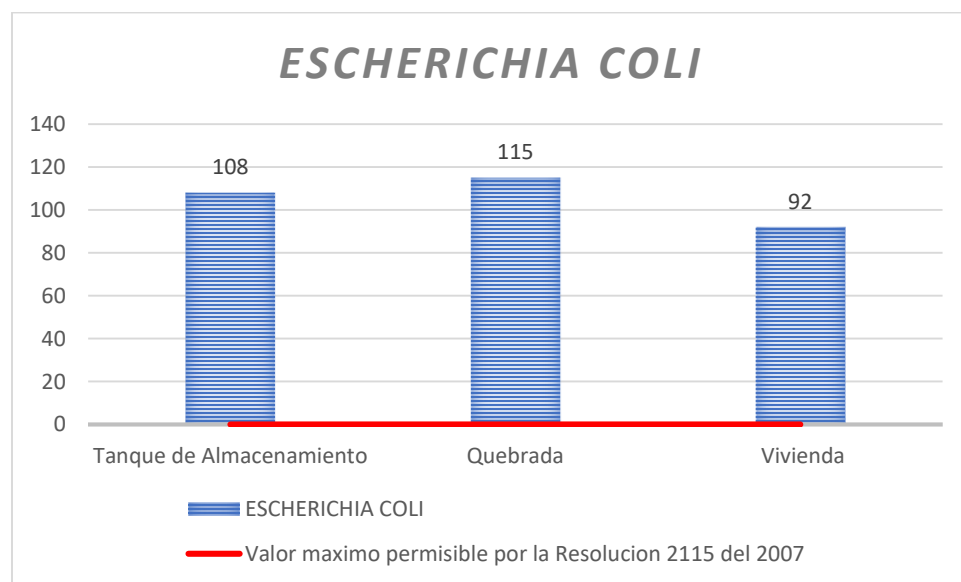
Grafica Resultados parámetro Coliformes totales.



Escherichia coli.**Tabla 21**Resultado parámetro *Escherichia coli*.

Parámetro	Muestra 1 Tanque Almacenamiento	Muestra 2 Quebrada	Muestra 3 Vivienda	Valor máximo permisible por la Resolución 2115 del 2007
<i>Escherichia coli</i>	108	115	92	0 UFC/100mL

Nota. El parámetro *Escherichia coli*, no cumple con el valor permisible de la resolución. *Fuente.* Autoras 2023

Figura 20Grafica Resultado parámetro *Escherichia coli*.

Observación. Los coliformes totales son un grupo de bacterias que se encuentran naturalmente en el intestino de los animales de sangre caliente, incluidos los seres humanos, y también en el medio ambiente, como el suelo y las plantas. La presencia de coliformes totales en

el agua cruda puede indicar la posible presencia de materia fecal y otros organismos patógenos, lo que puede representar un riesgo para la salud pública.

Los resultados de coliformes totales y E. Coli superan los niveles permitidos estipulados en la resolución 2115 de 2007, como puede verse en las tablas anteriores para las 3 muestras. Dado que estos rasgos microbianos son indicadores inequívocos de la calidad del agua, sus valores deberían ser todos cero (cero), de conformidad con resolución nº 2115 de 2007.

La presencia de coliformes totales y E. Coli en el agua cruda puede ser el resultado de la contaminación fecal de la fuente de agua, como por ejemplo por el mal manejo de los residuos humanos y animales, la presencia de animales en las áreas cercanas a las fuentes de agua, o la filtración de aguas residuales en los sistemas de agua potable. También puede ser el resultado de la falta de tratamiento adecuado del agua, incluyendo la desinfección y la eliminación de sólidos suspendidos.

4.3 Calidad de agua por medio del índice de riesgo de la calidad de agua (ICA) y (IRCA)

4.3.1 Cálculo del ICA del tanque de almacenamiento.

Tabla 22

Parámetros para determinar el ICA de muestra 1.

Parámetros	Unidades	Muestra 1 Tanque de almacenamiento
Oxígeno Disuelto – OD	mg/L O ₂	7,30
Sólidos Suspendidos Totales-SST	mg/L	144
Demanda Química de Oxígeno-DQO	mg/L O ₂	40
Conductividad Eléctrica – CE	µs/cm	229
pH	pH	7,02

Nota. Resultados de las muestras de agua calculadas en el laboratorio de aguas de la UFPSO.

1. Oxígeno disuelto (OD):

a. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:

$$O_x = 7,3$$

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 9,092$$

$$PS_{OD} = \frac{7,30 * 100}{9,092}$$

$$PS_{OD} = 80,2903651561813\%$$

b. Subíndice de oxígeno disuelto:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot 80,2903651561813)$$

$$I_{OD} = 0,802903651561813$$

2. Sólidos suspendidos totales (SST)

- a. Subíndice de calidad para sólidos suspendidos

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + (0,003 \cdot 144))$$

$$I_{SST} = 0,588$$

3. Demanda química de oxígeno (DQO)

- a. Subíndice de demanda química de oxígeno

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

$$I_{DQO} = 0,51$$

4. Conductividad Eléctrica

- a. Subíndice de conductividad eléctrica

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26 + 1,34 \cdot \text{Log}(10 \cdot 229))}$$

$$I_{C.E.} = -16.4655$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

$$I_{C.E.} = 0$$

5. pH

a. Subíndice de pH

Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

$$I_{pH} = 1$$

6. Cálculo de índice de calidad de agua

Tabla 23

Sumatoria de los productos entre los subíndices y el ponderador muestra 1

Parámetros	Peso de importancia (Wi)	Valor de la variable (Iij)	Producto ($Wi * Iij$)
Oxígeno Disuelto - OD	0,2	0,802903652	0,16058073
Sólidos Suspendidos Totales-SST	0,2	0,588	0,1176
Demanda Química de Oxígeno-DQO	0,2	0,51	0,102
Conductividad Eléctrica - CE	0,2	0	0
pH	0,2	1	0,2
$ICAj = (\sum Wi * Iij) = 0,58018073$			

Nota. Cálculo del ICA para muestra 1. *Fuente.* Autoras 2023.

Este ICA de **0,5801** se ubica dentro del rango **regular**.

4.3.2 Cálculo del ICA muestra 2 quebrada

Tabla 24

Parámetros para determinar el ICA de muestra 2

Parámetros	Unidades	Muestra 3 Vivienda
Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O ₂	7,30
Sólidos Suspendidos Totales-SST	mg/L	150

Demanda Química de Oxígeno-DQO	mg/L O ₂	42
Conductividad Eléctrica - CE	μs/cm	231
pH	pH	7,01

Nota. Resultados de las muestras de agua calculadas en el laboratorio de aguas de la UFPSO.

1. Oxígeno disuelto (OD):

- a. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:

$$O_x = 7,3$$

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 9,092$$

$$PS_{OD} = \frac{7,30 * 100}{9,092}$$

$$PS_{OD} = 80,2903651561813\%$$

- b. Subíndice de oxígeno disuelto:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot 80,2903651561813)$$

$$I_{OD} = 0,802903651561813$$

2. Sólidos suspendidos totales (SST)

- a. Subíndice de calidad para sólidos suspendidos

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + (0,003 \cdot 150))$$

$$I_{SST} = 0,57$$

3. Demanda química de oxígeno (DQO)

- a. Subíndice de demanda química de oxígeno

Si $40 < \mathbf{DQO} \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

$$I_{DQO} = 0,26$$

4. Conductividad Eléctrica

a. Subíndice de conductividad eléctrica

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34 \cdot \text{Log}(10 \cdot 231))}$$

$$I_{C.E.} = -16.6701$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

$$I_{C.E.} = 0$$

5. pH

a. Subíndice de pH

Si $7 < \mathbf{pH} \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

$$I_{pH} = 1$$

7. Cálculo de índice de calidad de agua

Tabla 25

Sumatoria de los productos entre los subíndices y el ponderador muestra 2

Parámetros	Peso de importancia (W_i)	Valor de la variable (I_{ij})	Producto ($W_i * I_{ij}$)
Oxígeno Disuelto - OD	0,2	0,802903652	0,16058073
Sólidos Suspendidos Totales- SST	0,2	0,57	0,114
Demanda Química de Oxígeno- DQO	0,2	0,26	0,052
Conductividad Eléctrica - CE	0,2	0	0
pH	0,2	1	0,2
$ICA_j = (\sum W_i * I_{ij}) = \mathbf{0,5265807}$			

Nota. Cálculo del ICA para muestra 2. *Fuente.* Autoras 2023.

Este ICA de **0,5265** se ubica dentro del rango **regular**.

4.3.3 Cálculo del ICA muestra 3 vivienda

Tabla 26

Parámetros para determinar el ICA de muestra 3

Parámetros	Unidades	Muestra 3 Vivienda
Oxígeno Disuelto - OD	mg/L O ₂	7,30
Sólidos Suspendidos Totales-SST	mg/L	163
Demanda Química de Oxígeno-DQO	mg/L O ₂	20
Conductividad Eléctrica - CE	μs/cm	233
pH	pH	7,03

Nota. Resultados de las muestras de agua calculadas en el laboratorio de aguas de la UFPSO.

1. Oxígeno disuelto (OD):

a. Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto:

$$O_x = 7,3$$

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

$$C_p = 9,092$$

$$PS_{OD} = \frac{7,30 * 100}{9,092}$$

$$PS_{OD} = 80,2903651561813\%$$

b. Subíndice de oxígeno disuelto:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 \cdot 80,2903651561813)$$

$$I_{OD} = 0,802903651561813$$

2. Sólidos suspendidos totales (SST)

a. Subíndice de calidad para sólidos suspendidos

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + (0,003 \cdot 163))$$

$$I_{SST} = 0,588$$

3. Demanda química de oxígeno (DQO)

a. Subíndice de demanda química de oxígeno

$$\text{Si } DQO \leq 20, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,91$$

$$I_{DQO} = 0,91$$

4. Conductividad Eléctrica

a. Subíndice de conductividad eléctrica

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34 \cdot \text{Log}(10 \cdot 229))}$$

$$I_{C.E.} = -16.4655$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

$$I_{C.E.} = 0$$

5. pH

a. Subíndice de pH

Si $7 < pH \leq 8$, entonces $I_{pH} = 1$

$$I_{pH} = 1$$

6. Cálculo de índice de calidad de agua

Tabla 27

Sumatoria de los productos entre los subíndices y el ponderador muestra 3

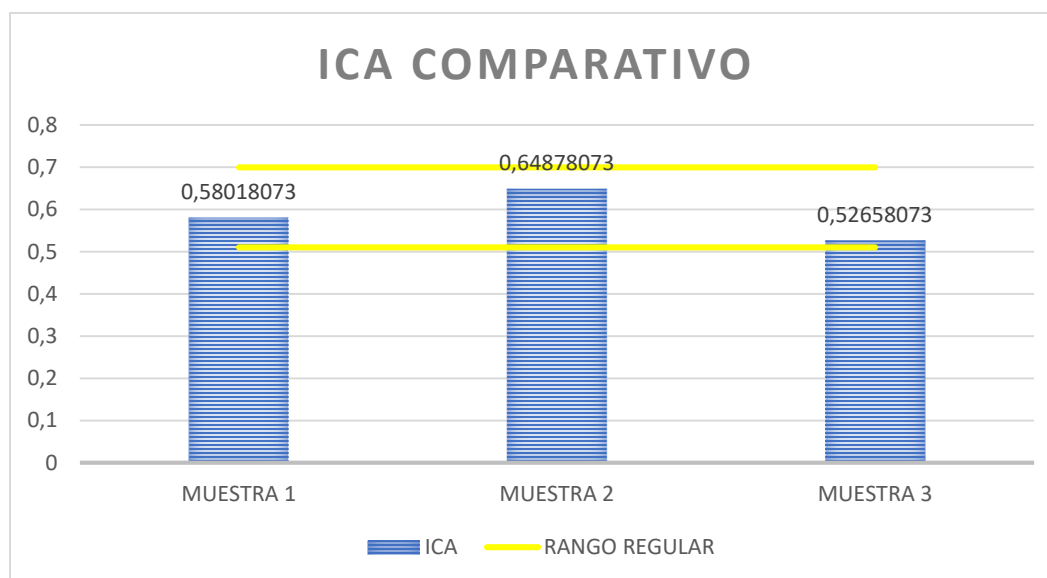
Parámetros	Peso de importancia (Wi)	Valor de la variable (Iij)	Producto ($Wi * Iij$)
Oxígeno Disuelto - OD	0,2	0,802903652	0,16058073
Sólidos Suspendidos Totales- SST	0,2	0,531	0,1062
Demanda Química de Oxígeno- DQO	0,2	0,91	0,182
Conductividad Eléctrica - CE	0,2	0	0
pH	0,2	1	0,2
$ICAj = (\sum Wi * Iij) = 0,64878073$			

Nota. Cálculo del ICA para muestra 3. Fuente. Autoras 2023.

Este ICA de **0,6487** se ubica dentro del rango **regular**.

4.3.4 Comparativa de los ICA encontrados

Figura 21 ICA Comparativo



Fuente. Autoras 2023.

4.3.5 Cálculo del IRCA muestra 1 Tanque de almacenamiento

Por Consiguiente, se realizó el cálculo del IRCA mediante la resolución 2115 del 2007 de los 3 puntos de muestras que se realizaron:

Tabla 28

Índice de calidad del agua en la muestra 1 Tanque de almacenamiento

Características	Puntaje de Riesgo	Resultado	Valor aceptable	Puntaje clasificación
Turbiedad	15	0,81	2	0
Color Aparente	6	16	15	0
pH	1,5	7,02	6,5-9,0	0

Cloro Residual Libre	15	0	0,3 . 2,0 mg/L.	15
<i>Escherichia Coli</i>	25	108	0	25
Sumatoria de puntajes asignados	Σ62,5			Σ40

Fuente. Autoras 2023.

El IRCA muestra 1:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características NO aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum 40}{\sum 62,5} \times 100 \quad \text{IRCA (\%)} = 64 \% \text{ alto}$$

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 1, es ALTO, Agua no apta para consumo en el tanque de almacenamiento.

4.3.6 Cálculo del IRCA muestra 2 Quebrada las Damas

Tabla 29

Índice de calidad del agua en la muestra 2 Quebrada

Características	Puntaje de Riesgo	Resultado	Valor aceptable	Puntaje clasificación
Turbiedad	15	0.87	2	0
Color Aparente	6	18	15	0
pH	1,5	6,66	6,5-9,0	0
Cloro Residual Libre	15	0	0,3 . 2,0 mg/L.	15
<i>Escherichia Coli</i>	25	115	0	25
Sumatoria de puntajes asignados	Σ62,5			Σ40

Fuente. Autoras 2023.

El IRCA muestra 2:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características NO aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum 40}{\sum 62,5} \times 100 \quad \text{IRCA (\%)} = 64\% \text{ alto}$$

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 2 quebrada, es ALTO.

4.3.7 Cálculo del IRCA muestra 3 vivienda

Tabla 30

Índice de calidad del agua en la muestra 3 Vivienda

Características	Puntaje de Riesgo	Resultado	Valor aceptable	Puntaje clasificación
Turbiedad	15	0,9	2	0
Color Aparente	6	10	15	0
pH	1,5	6,82	6,5-9,0	0
Cloro residual	15	0	0,2 – 1	15
<i>Escherichia Coli</i>	25	64	0	25
Sumatoria de puntajes asignados	$\sum 62,5$			$\sum 40$

Fuente. Autoras 2023.

El IRCA muestra 3:

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum \text{puntajes de riesgo asignado a las características NO aceptables}}{\sum \text{puntajes de riesgo asignados a todas las características analizadas}} \times 100$$

$$\text{IRCA (\%)} = \frac{\sum 40}{\sum 62,5} \times 100 \quad \text{IRCA (\%)} = 64 \% \text{ alto}$$

El nivel del riesgo de la muestra de agua recolectada en el punto 3 viviendas, es ALTO,

Agua no apta para consumo.

Análisis del IRCA

El nivel de riesgo obtenido es alto en las 3 muestras, lo que según la resolución 2115 del 2007 califica como “agua no apta para consumo humano” al analizar los parámetros evaluados podemos deducir que al no recibir ningún tipo de tratamiento el agua los parámetros de Cloro Residual Libre, *Escherichia coli* y Coliformes totales no cumplen con los niveles máximos permisibles.

Cuando el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua no cumple con los valores permitidos por la Resolución 2115 del 2007, se puede inferir que el agua presenta niveles de contaminación que pueden afectar la salud de las personas que la consumen. En estos casos, se debe realizar un análisis detallado de la calidad del agua para determinar las causas de la contaminación y generara la alternativa de tratamiento del agua para consumo humano,

En cuanto a la presencia de bacterias patógenas, es necesario realizar un tratamiento adecuado para eliminarlas y evitar su proliferación en el agua. Por otro lado, se detectó la presencia de sustancias químicas, se deben identificar los procesos que han generado dicha contaminación y tomar medidas para eliminarlos.

Para el tratamiento convencional debe tenerse en cuenta los valores máximos permisibles en el decreto 1076/2015 en los artículos 2.2.3.3.9.3. y el artículo 2.2.3.3.9.4. el cual hace referencia sobre los criterios de calidad para consumo humano y doméstico; con los resultados obtenidos se evidencia que se pueden emplear tratamientos convencionales que solo necesitan de desinfección.

Por esta razón se sugiere la implementación de una planta de tratamiento convencional donde el principal objetivo sea el tratamiento de los sólidos presentes en el agua y la carga microbiológica que genera la presencia de esta materia orgánica. Primero por medio de un sedimentador de flujo horizontal, el cual tendrá como objetivo eliminar la arena del agua cruda, evitando que estas partículas interfieran en la operación de los siguientes procesos y se genere la obstrucción del sistema de filtración que a continuación realizara una filtración gruesa por medio de grava con la finalidad de remover la turbidez excesiva que se presenta en el agua en diferentes épocas del año principalmente en lluvia.

La filtración lenta es un proceso que seguiría con la separación de partículas y pequeñas cantidades de microorganismos (bacterias, virus) a través de un medio poroso, esta es una de las fases más importantes y responsable de que se cumplan los estándares de calidad para el agua potable. Desde el punto bacteriológico, los filtros tienen una eficiencia de remoción superior a 90%. La cloración es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos infecciosos como lo son *Escherichia coli* y Coliformes totales, no todos los organismos patógenos son eliminados en este proceso, por lo que requieren los procesos previamente descritos para su eliminación y poder ofrecer de esta manera agua apta para el consumo humano (Camacho, s.f.)

Conclusiones

Al obtener la información detallada sobre las condiciones iniciales del suministro de agua, se identificó que la red de distribución es inadecuada para abastecer a toda la población,

carece de micromedidores y documentación del consumo del recurso hídrico, por lo tanto, no hay un debido monitoreo y control sobre el suministro de agua.

Al analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento de agua del corregimiento la Floresta, se identificaron posibles riesgos para la salud humana; donde se evidenció que los parámetros de Nitritos, Fosfatos, Color Aparente, Coliformes totales y *Escherichia coli* sobrepasan el nivel máximo permisible por la resolución 2115 del 2007.

Al determinar el Índice de Riesgo de la Calidad de Agua (IRCA) e Índice de Calidad del Agua (ICA) se identificó que el agua usada para el consumo de la población del corregimiento de la Floresta no cumple con los requisitos mínimos permisibles dentro del marco de referencia tomado para el estudio, resolución 2115 del 2007, representando un riesgo alto para la salud de las personas, se debe considerar la posibilidad de instalar una planta de tratamiento convencional para garantizar un suministro de agua potable de calidad admisible a toda la población.

Recomendaciones

Se recomienda la implementación de medidas para mejorar la distribución, incluyendo la instalación de micromedidores y la documentación del consumo del recurso hídrico lo que permitirá un mejor control del suministro de agua, además se debe gestionar con las autoridades competentes la construcción de una planta de tratamiento de agua, que garantice el suministro de agua potable a toda la población.

La comunidad para poder hacer una gestión de recursos ante la administración o departamento debe tener legalizada su concesión de aguas porque es un requisito para cofinanciar cualquier proyecto de optimización de un acueducto para el corregimiento.

Se aconseja implantar una instalación de tratamiento convencional para tratar los sólidos presentes en el agua, así como la carga microbiana que conlleva la presencia de esta materia orgánica. Antes de realizar una filtración gruesa con gravas para eliminar la turbidez excesiva que presenta el agua en varias épocas del año, principalmente durante las lluvias, se utilizará un decantador de flujo horizontal para eliminar la arena del agua bruta y evitar que estas partículas obstruyan el sistema de filtración e interfieran en el funcionamiento de los procesos posteriores.

Referencias

- Alcaldía Municipal Ocaña. (2020). *Informe de resultados fisicoquímico y microbiológico de aguas*.
- Briñez , & Guarnizo Arias. (2012). *Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima*. Fac Nac Salud Pública. .
- CEPEI. (16 de Diciembre de 2020). *352 municipios de Colombia no cuentan con acceso a agua potable de calidad*. Obtenido de <https://cepei.org/novedad/352-municipios-de-colombia-nocuentan-con-acceso-a-agua-potable-de-calidad/>
- Chavez. (02 de Junio de 2018). *Calidad de agua y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/es/>
- Colombia, Congreso de la República. (2001). *Ley 715, por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357*. Obtenido de https://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-86098_archivo_pdf.pdf
- CRA. (2011). *Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Obtenido de <https://www.cra.gov.co/seccion/plan-de-accion-2011.html>
- Decreto 1594. (18 de Diciembre de 1984). *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30019314>

- González Marcos, & Saldarriaga Gabriel. (2017). *Estimación de la demanda de agua. Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>
- Ideam. (28 de Diciembre de 2017). *IDEAM*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+d>
- INCA. (2020). *Informe Nacional de Calidad del agua*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Paginas/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/incaconsumo-calidad-agua-2020.pdf>
- Letterman. (2002). *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria*. Madrid, España: Quinta edición.
- MinAmbiente. (2020). *Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/?s=CALIDAD+DEL+AGUA>
- Municipio. (2022). *Municipio de Ocaña*. Obtenido de <https://www.municipio.com.co/municipio-ocana.html>
- OMS. (21 de Marzo de 2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/ewater#:~:text=El%20agua%20contaminada%20y%20el,fiembre>
- Pérez, G., & Restrepo, J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Piñeros Botero, Bernal Quiroga, & Ardila Robles. (18 de Octubre de 2012). *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

Prada, M. (24 de marzo de 2023). Tanques de captación. (M. Galviz, Entrevistador)

Presidente de la República. (2022). *Funcion Publica*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1503>

Puello Payares, & Maza Ávila. (12 de Enero de 2012). *¿Fue eficiente la asignación de recursos en el suministro de agua potable en el departamento de Bolívar - Colombia*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4044816>

Quintero López, O. (24 de marzo de 2023). Corregimiento la floresta. (M. Galviz, Entrevistador)

Ramos. (21 de Septiembre de 2013). *Universidad tecnica de manabi*. . Obtenido de

<http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/137>

Resolución 2115. (22 de Junio de 2007). Obtenido de MINISTERIO DE AMBIENTE,

VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE PROTECCION

SOCIAL: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2115%20-%202007.pdf>

Resolución 622. (20 de Abril de 2020). *Ministerio de Salud y Protección Social*. Obtenido de

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20622%20de%202020.pdf

Rodriguez, J. C. (23 de Marzo de 2023). Corregimiento la Floresta Quebrada las Damas. (M. Galviz, Entrevistador)

Sierra Ramírez. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*.

Sierra Ramírez, C. (2011). *CALIDAD DEL AGUA Evaluación y Diagnostico*. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín.

Torres, A., & Patiño, O. (05 de octubre de 2009). . *Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la produccion de agua para consumo humano*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Valencia, E. (2019). *Macroinvertebrados acuáticos epicontinentales y la calidad biológica del agua del río Jordán, Jamundí (Valle del Cauca)*. Santiago de Cali.: Universidad Autónoma de Occidente.