



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de
agua potable del sector urbano del cantón Chambo.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Cisneros Montero, Brandon Antonio

Tutora:

Ing. María Fernanda Rivera, MsC.

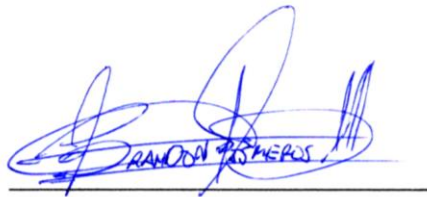
Riobamba, Ecuador 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Brandon Antonio Cisneros Montero, con cédula de ciudadanía 0604693770, autor del trabajo de investigación titulado: Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 19 de abril de 2024.



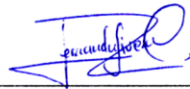
Brandon Antonio Cisneros Montero

C.I: 0604693770

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Ing. María Fernanda Rivera, MsC., catedrática adscrita a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo, bajo la autoría de Brando Antonio Cisneros Montero; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 19 días del mes de abril de 2024.



Ing. María Fernanda Rivera, MsC.

C.I: 0603452947

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo**, presentado por Brando Antonio Cisneros Montero, con cédula de identidad número 0604693770, bajo la tutoría de Ing. María Fernanda Rivera, MsC.; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 19 días del mes de abril de 2024.

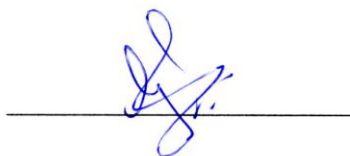
Ing. Marcel Paredes Mgs
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Carla Silva Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Patricio Santillán Mgs
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



CERTIFICACIÓN

Que, **Cisneros Montero Brandon Antonio** con CC: **060469377-0**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Ambiental, VIGENTE**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **“Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo”**, cumple con el **7 %**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 26 de enero de 2024

MsC. María Fernanda Rivera

TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Atribuyo los resultados de mi trabajo de titulación principalmente a Dios, quien me ha concedido la salud, la vida y la fuerza necesarias para completar mis estudios profesionales. También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Marco Cisneros y Nancy Montero, quienes me han brindado su apoyo incondicional en cada etapa, tanto en los momentos de alegría como en los desafíos. Agradezco infinitamente su enseñanza de enfrentar las dificultades con perseverancia y mantener siempre viva la fe en mí mismo.

Ellos me han moldeado en la persona que soy hoy, infundiendo en mí principios sólidos, valores arraigados, perseverancia incansable y un compromiso inquebrantable. Todo esto lo han hecho con un amor sincero, sin esperar nada a cambio.

También deseo expresar mi gratitud a mis hermanos, Marco Rafael y Randy Mateo, quienes siempre me han brindado el aliento necesario para continuar adelante. Agradezco profundamente su constante apoyo y confianza en mí.

Brandon Antonio Cisneros Montero

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por su constante protección a lo largo de mi camino, otorgándome la fortaleza necesaria para superar los obstáculos y dificultades que he enfrentado en mi vida. También quiero reconocer el incondicional apoyo y la confianza que mis padres han depositado en mí. A lo largo de mi trayectoria, han demostrado su amor inquebrantable, guiándome con correcciones cuando he fallado y celebrando con alegría mis logros.

Igualmente, deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarme la oportunidad de realizar mi formación profesional en sus instalaciones. Quiero reconocer el invaluable aporte de todos los docentes de la destacada carrera de Ingeniería Ambiental, quienes generosamente compartieron su tiempo, conocimientos y experiencias a lo largo de todo mi proceso formativo.

Quiero destacar mi especial agradecimiento a mi tutora, la Mgs. María Fernanda Rivera Castillo, por su dedicación y apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo de investigación. Su vasto conocimiento, valiosas enseñanzas, infinita paciencia y generosidad de tiempo han sido fundamentales para mi crecimiento académico y profesional.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a los miembros de mi tribunal, la Ing. Carla Silva, el Ing. Marcel Paredes y el Ing. Patricio Santillán, por su invaluable contribución al revisar y culminar mi trabajo de titulación. Por compartir su conocimiento, su apoyo constante y el tiempo dedicado para esta importante etapa de mi formación académica.

Brandon Antonio Cisneros Montero

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

Ca ²⁺	Calcio
CaCO ₃	Carbonato de Calcio
CE	Conductividad Eléctrica
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
Cl	Cloro
CO ₂	Dióxido de Carbono
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
K ⁺	Potasio
LSA	Laboratorio de Servicios Ambientales
Mg ²⁺	Magnesio
Na ⁺	Sodio
NO ³⁻	Nitrato
OD	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	potencial Hidrógeno
PSI	Porcentaje de Sodio Intercambiables
RAS	Relación de Adsorción de Sodio
SO ₄ ⁼	Sulfato
TDS	Solidos Totales Disueltos
UV	Radiación Ultravioleta
UFC	Unidades Formadoras de Colonias

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	15
INTRODUCCIÓN	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
OBJETIVOS	17
General.....	17
Específicos.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO	18
1. El agua.....	18
2. Agua potable	18
3. Abastecimiento de agua potable.....	19
3.1. Captación	19
3.2. Conducción	19
4. Tratamiento de agua potable	19
5. Desinfección y filtración	20
6. Calidad de agua	20
7. Microbiología de agua.....	20
8. Contaminación de agua	21
9. Muestreo del agua	21
10. Parámetros físicos	21
10.1. Color.....	21

10.2.	Turbidez	22
10.3.	Sólidos Totales Disueltos	22
11.	Parámetros químicos	22
11.1.	Arsénico	22
11.2.	Cadmio	22
11.3.	Cloro libre residual.....	22
11.4.	Cobre.....	23
11.5.	Cromo.....	23
11.6.	Fluoruros	23
11.7.	Mercurio.....	23
11.8.	Plomo	23
11.9.	Nitritos y nitratos	24
12.	Parámetros microbiológicos.....	24
12.1.	Coliformes totales	24
12.2.	Coliformes fecales.....	24
13.	Marco Legal del Agua en el Ecuador.....	24
13.1.	Constitución Política de la Republica del Ecuador	24
13.2.	Acuerdo ministerial 097 (Texto Unificado de Legislación Secundaria) 25	
13.3.	NTE INEN 1108. Agua para consumo humano. Requisitos.....	26
CAPÍTULO III		27
MÉTODOLÓGÍA		27
1.	Investigación cualitativa y cuantitativa	27
2.	Localización del área de estudio	27
2.1.	Diagnóstico de la red de distribución y selección de los puntos de muestreo	27
2.1.1.	Trabajo de campo	27
2.1.2.	Localización de muestras	28
2.1.3.	Toma de muestras	28
2.1.4.	Técnicas de muestreo	28
2.1.5.	Preservación de la muestra.....	29
2.1.6.	Transporte de la muestra	29
2.1.7.	Determinación de calidad de agua	29
2.1.8.	Análisis de las muestras	30

2.2.	Comparación de resultados obtenidos con la normativa.....	30
2.3.	Propuesta de medidas de preservación, conservación y mitigación con base en los resultados	30
2.3.1.	Preservación y conservación.....	30
2.3.2.	Mitigación	31
CAPÍTULO IV		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
1.	Diagnóstico de la red de distribución de agua potable que abastece al sectorurbano del cantón Chambo	32
2.	Calidad de agua en la red de distribución de agua potable mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la NTE INEN 1108:2020.....	36
2.1.	Turbidez	37
2.2.	Color.....	38
2.3.	Fluoruro.....	39
2.4.	Cobre	40
2.5.	Cloro libre residual.....	40
2.6.	Nitrito	41
2.7.	Nitratos.....	42
2.8.	Coliforme fecales	42
3.	Medidas de conservación o mitigación del recurso con base en los resultadosobtenidos del sistema de distribución.....	45
CAPÍTULO V		46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
CONCLUSIONES.....		46
RECOMENDACIONES		47
BIBLIOGRAFÍA		48
ANEXOS		51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua para consumo humano.	26
Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos para medir la calidad de agua. .	30
Tabla 3. Descripción de puntos de la red de diagnostico	34
Tabla 4. Puntos de muestreo.....	37
Tabla 5. Análisis de muestras de turbidez.	37
Tabla 6. Análisis de muestras de color.	38
Tabla 7. Análisis de muestras de fluoruro	39
Tabla 8. Análisis de muestras de cobre	40
Tabla 9. Análisis de muestras de cloro libre residual	40
Tabla 10. Análisis de muestras de nitritos	41
Tabla 11. Análisis de muestras de nitratos	42
Tabla 12. Análisis microbiológicos de coliformes fecales	42
Tabla 13. Resumen de los resultados por épocas	43

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue analizar la calidad de agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo. Durante la fase de diagnóstico en el cantón Chambo, se inspeccionó la red de abastecimiento para detectar posibles fuentes de contaminación antropogénica, seleccionando y georreferenciando estratégicamente 8 puntos de muestreo. Siguiendo el protocolo de monitoreo de calidad de agua del Ministerio de Ambiente y la normativa NTE INEN 1108:2020, se realizaron muestreos cada 8 días por seis semanas, tomando en cuenta la accesibilidad, influencia humana y condiciones climáticas, y empleando protocolos detallados y medidas de precaución en la recolección y análisis de las muestras para evaluar la calidad del agua. Al constatar que los sistemas de captación y distribución de agua están en buenas condiciones. Sin embargo, algunos usuarios mostraron su insatisfacción con la calidad del servicio, lo que señala la necesidad de mejorar las técnicas de control de agua potable. En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la turbidez y el color del agua excedían los límites permisibles, aunque otros parámetros como: fluoruros, cobre, cloro, nitritos y nitratos se mantienen dentro de los rangos aceptables. Además, se detectaron coliformes fecales en ciertos puntos, atribuidos a prácticas de defecación al aire libre y a la actividad ganadera. Se propuso un programa de limpieza y desinfección para mejorar la calidad del agua, que incluye medidas de distribución y programas de capacitación para garantizar un consumo adecuado y contribuir así a la salud de los habitantes. Esta propuesta abarca un conjunto de medidas que tienen como objetivo mejorar todo el sistema de distribución, complementado con programas de capacitación que aseguren un consumo y aprovechamiento adecuados, contribuyendo así a mejorar la salud de los habitantes.

Palabras claves: agua potable, agua de consumo humano, límites permisibles, muestreo, NTE INEN 1108:2020.

Abstract

This research aimed to analyze the quality of drinking water in the drinking water distribution network of the urban sector of the Chambo canton. During the diagnosis phase in the Chambo canton, the supply network was inspected to detect possible sources of anthropogenic contamination, strategically selecting and georeferencing 8 sample points. Following the water quality monitoring protocol of the Ministry of the Environment and the NTE INEN 1108:2020 regulations, sampling was carried out every eight days for six weeks, taking into account accessibility, human influence, and climatic conditions and using detailed protocols and measures. . precaution in the collection and analysis of samples to evaluate water quality, by verifying that the water collection and distribution systems are in good condition. However, some users were dissatisfied with the service quality, which indicates the need to improve drinking water control techniques. Regarding the physicochemical parameters, the turbidity and color of the water exceeded the permissible limits, although other parameters such as fluorides, copper, chlorine, nitrites, and nitrates remain within acceptable ranges. In addition, fecal coliforms are detected at specific points, which are attributed to open defecation practices and livestock activity. A cleaning and disinfection program was proposed to improve water quality, which includes distribution measures and training programs to ensure adequate consumption and thus contribute to the health of the inhabitants. This proposal covers a set of measures that aim to improve the entire distribution system, complemented by training programs that ensure adequate consumption and use, thus contributing to improving the health of the inhabitants.

Keywords: drinking water, water for human consumption, permissible limits, sampling, NTE INEN 1108:2020.

Reviewed by:



Lcda. Yesenia Merino Uquillas

ENGLISH PROFESSOR

0603819871

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable es un tema de vital importancia para garantizar la salud pública y el bienestar de los habitantes del sector. En el caso particular del área urbana del cantón Chambo, se presenta un estudio detallado enfocado en evaluar diversos parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que determinan la calidad del agua en la red de distribución. Esta investigación se inscribe dentro de un marco más amplio de gestión y sostenibilidad ambiental, respondiendo a las necesidades de diagnóstico preciso para la implementación de políticas y estrategias efectivas de mejora continua en los sistemas de distribución de agua potable.

El cantón Chambo, ubicado en un contexto geográfico particular, enfrenta desafíos significativos en términos de gestión de recursos hídricos debido a factores como variabilidad climática, crecimiento poblacional y desarrollo urbano. Estas condiciones imponen la necesidad de monitorear continuamente la calidad del agua, entendiendo que cualquier alteración puede impactar negativamente en la salud pública.

El agua, esencial para la vida y eje central de la salud pública, se erige como un pilar fundamental para el desarrollo sostenible de las comunidades. En este contexto, el análisis de la calidad del agua de consumo emerge como una actividad crítica para garantizar la seguridad y el bienestar de la población (Calderon & Barcena, 2023). El cantón Chambo, ubicado en un entorno urbano donde la interacción entre el ser humano y su medio ambiente es constante y compleja, no es ajeno a estas preocupaciones. Este estudio se enfoca en evaluar la calidad del agua distribuida a través de su red de agua potable, elemento crucial para el sostenimiento de sus actividades cotidianas y el bienestar general de sus habitantes.

Dicho análisis es vital no solo para detectar posibles contaminantes que puedan afectar la salud pública, sino también para implementar estrategias de mejora y asegurar que el recurso hídrico cumpla con los estándares nacionales e internacionales de potabilidad (G. Cobeña & González, 2020). Considerando la diversidad de fuentes de contaminación que pueden afectar a los sistemas de distribución de agua, desde contaminantes físicos y químicos hasta biológicos, este estudio busca proporcionar una imagen clara de la situación actual del agua de consumo en el cantón Chambo, identificando potenciales riesgos y proponiendo medidas correctivas para enfrentarlos.

El análisis de la calidad del agua pretende sentar las bases para una investigación exhaustiva que no solo aborde los desafíos actuales, sino que también anticipe futuras problemáticas, enmarcándose así en una visión proactiva y preventiva. A través de este esfuerzo, se espera contribuir significativamente a la salud pública y al desarrollo sostenible del cantón, reafirmando el derecho fundamental de todos sus habitantes al acceso a agua potable segura y de calidad (Ponce, 2019).

El suministro de agua potable segura y de calidad es fundamental para garantizar la salud y el bienestar de una comunidad. En el contexto del cantón Chambo, la provisión de agua potable en el sector urbano constituye un aspecto crucial para el desarrollo sostenible y la calidad de vida de sus habitantes. Sin embargo, la garantía de que el agua distribuida cumple con los estándares de calidad requeridos es un desafío constante que demanda una vigilancia y análisis rigurosos.

El presente estudio se enfoca en el análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución del sector urbano del cantón Chambo principalmente el sector de Cubillín. El estudio comprende un análisis exhaustivo de diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos, para evaluar la potabilidad del agua suministrada a los habitantes de este sector. De ahí que la presente investigación cobra relevancia en un contexto donde la calidad del agua se ve influenciada por factores como la contaminación ambiental, los cambios climáticos, así como por las prácticas de tratamiento y distribución del recurso hídrico (Álava et al., 2021).

La necesidad de identificar y comprender las posibles deficiencias en la calidad del agua de consumo en la red de distribución del cantón Chambo, propone medidas correctivas y preventivas que contribuyan a mejorar y garantizar la salud pública de sus habitantes. Asimismo, se pretende generar información precisa y actualizada que sirva de base para la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y los responsables de la gestión del agua en la región.

En este contexto, surge la pregunta de investigación: ¿Cuál es la calidad del agua de consumo en la red de distribución del sector urbano del cantón Chambo y cuáles son los posibles riesgos para la salud pública asociados a esta calidad del agua? Para responder a esta interrogante, se llevará a cabo un análisis exhaustivo de los parámetros de calidad del agua, así como un estudio de los potenciales impactos en la salud de la población consumidora.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad del agua de consumo es un aspecto fundamental para la salud pública y el bienestar de una comunidad. En el caso específico del sector urbano del cantón Chambo, la red de distribución de agua potable es un recurso vital para la población local. Sin embargo, en los últimos tiempos, se han observado preocupaciones y quejas recurrentes sobre la calidad del agua suministrada.

El problema radica en la incertidumbre y la falta de información clara y actualizada sobre la calidad del agua que llega a los hogares y establecimientos del sector urbano del cantón Chambo. Esta falta de transparencia y conocimiento genera una serie de consecuencias negativas para la salud y el bienestar de los habitantes, así como para el desarrollo socioeconómico de la región.

Entre los principales problemas que se pueden identificar se encuentran:

Contaminación química: La presencia de sustancias químicas nocivas en el agua potable, como metales pesados, pesticidas, herbicidas, y otros compuestos industriales, puede representar un riesgo significativo para la salud de quienes consumen esta agua de forma regular.

Contaminación microbiológica: La presencia de microorganismos patógenos en el agua potable, como bacterias, virus y parásitos, puede provocar enfermedades gastrointestinales y otros problemas de salud, especialmente en poblaciones vulnerables como niños, ancianos y personas inmunocomprometidas.

Falta de cumplimiento de estándares de calidad: Es posible que la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo no cumpla adecuadamente con los estándares de calidad establecidos por las autoridades sanitarias y ambientales, lo que pone en riesgo la salud y el bienestar de la población.

Falta de monitoreo y control: La ausencia de un sistema eficaz de monitoreo y control de la calidad del agua en la red de distribución dificulta la detección temprana de problemas y la implementación de medidas correctivas oportunas.

En este contexto, resulta imperativo realizar un análisis exhaustivo de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo. Este análisis permitirá identificar los principales problemas y riesgos asociados, así como proponer medidas y estrategias para mejorar la calidad del agua y garantizar la salud y el bienestar de la población.

OBJETIVOS

General

- Analizar la calidad de agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la red de distribución de agua potable que abastece al sector urbano del cantón Chambo.
2. Determinar la calidad de agua en la red de distribución de agua potable mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la NTE INEN 1108:2020.
3. Proponer medidas de conservación o mitigación del recuso con base en los resultados obtenidos del sistema de distribución.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1. El agua

El agua, es un recurso indispensable para el desarrollo de la vida en el planeta, desempeña un papel fundamental tanto en organismos animales como vegetales, que contienen aproximadamente un 70% de agua en su composición. Este líquido vital actúa como un medio esencial para la dilución y el transporte de nutrientes y otras sustancias cruciales para el crecimiento y desarrollo de los seres vivos (Castro, 2023).

De acuerdo con Aguilar, (2018), el agua se destaca como el compuesto más significativo, siendo importante para todas las formas de vida. Es oportuno indicar que entre el 60 y el 70% del cuerpo humano está compuesto por agua, lo que radica su importancia en nuestras funciones biológicas fundamentales. A pesar de su importancia, es raro encontrar agua en su estado puro en la naturaleza; casi siempre está acompañada de diversas sustancias minerales u orgánicas, ya sea disueltas o en suspensión.

Hoy en día a nivel mundial el agua es cada vez más escasa, sin embargo es fundamental para la supervivencia humana, incluyendo a las comunidades dentro de nuestro país, donde no es raro que las poblaciones consuman agua de fuentes de dudosa calidad, lo que desencadena en la propagación de enfermedades tanto en niños como en adultos (G. Cobeña & González, 2020).

Por esta razón instituciones públicas y privadas unen esfuerzos por mejorar la salud pública, implementando diversas estrategias destinadas a abordar los múltiples problemas de salud asociados con el agua, ya que actúa como vehículo para la transmisión de enfermedades. Por lo tanto, es oportuno monitorear constantemente su calidad sanitaria para prevenir brotes epidémicos (Cobeña & González, 2020). El agua de manera natural es incolora, insípida e inodora, y se destaca por su capacidad para conducir electricidad y disolver sustancias, además de adaptarse a la forma de cualquier recipiente.

Sin embargo, puede adquirir color y olor por la presencia de materia orgánica y compuestos químicos, lo que indica una alteración de su pureza. Este tipo de contaminación al igual que la sobreexplotación representan serias amenazas para la diversidad biológica, lo que trae como consecuencia catástrofes en los ecosistemas (Cobeña, 2020).

2. Agua potable

El agua potable, un recurso indispensable, por lo que debe ser segura para el consumo, es decir, no debe representar ningún riesgo significativo para la salud de quienes la consumen diariamente. Sin embargo, esta se ve amenazada por diversas formas de contaminación, lo que hace esencial asegurar el acceso a agua segura. La importancia de consumir agua libre de contaminantes radica en la prevención de enfermedades, especialmente en grupos vulnerables como lactantes y niños en edad escolar. Por tanto, es

crucial que el agua destinada tanto al consumo directo como a la higiene personal cumpla con la normativa legal vigente (León et al., 2023).

En este orden de ideas resulta fundamental contar con un suministro de agua abundante, accesible y seguro para la salud de la población. Garantizar su seguridad implica un compromiso firme, dado que interactúa con diversos elementos y organismos en la superficie terrestre. La interacción del agua con la naturaleza en algunas ocasiones puede dar lugar a altos niveles de carbonatos, especialmente en las aguas subterráneas de regiones calcáreas, lo que requiere tratamientos específicos para hacer potable. Por lo tanto, resulta importante mantener la calidad del agua de acuerdo con los estándares nacionales, para garantizar su uso adecuado (Herrera & Quisaguano, 2019).

3. Abastecimiento de agua potable

A nivel mundial, más de mil millones de personas sufren la falta de acceso al agua de buena calidad, mientras que aproximadamente 2400 millones carecen de servicios básicos de saneamiento en sus viviendas. Pese a este panorama, la Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que anualmente se registran 500 millones de casos de enfermedades gastrointestinales en niños menores de cinco años en América Latina, Asia y África. Se ha observado que las mejoras en los sistemas de distribución de agua potable benefician de manera significativa a las familias de escasos recursos económicos. Sin embargo, la falta de tratamiento o acceso adecuado a estos servicios incrementa su vulnerabilidad a diversos riesgos para la salud (Romero, 2022).

3.1. Captación

La captación de agua implica obtener este recurso de fuentes naturales como la subterránea (pozos) o superficial (ríos y lagos, a menudo regulados por embalses y presas). En el cantón Chambo, es fundamental asegurar el suministro de agua potable tanto para hogares como para empresas. La clave para una administración adecuada del agua radica en la exploración de nuevas fuentes, la gestión integral de los recursos y la mejora de la eficiencia en su uso sostenible (Helen, 2018).

3.2. Conducción

Es el conjunto de redes locales que constituyen la infraestructura para proporcionar el servicio público de agua potable a los hogares. El término "sistema de conducción de agua potable" abarca las tuberías utilizadas por la entidad proveedora para llevar el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento, o desde esta última hasta los tanques reservorios de almacenamiento que alimentan el sistema de distribución (Fernández & Mera, 2024).

4. Tratamiento de agua potable

El acceso al agua de buena calidad es un derecho primordial, pero lamentablemente, numerosas personas en todo el mundo encuentran obstáculos importantes para disfrutar de este servicio. La purificación del agua incluye diversos procedimientos físicos, químicos y biológicos destinados a eliminar o disminuir la contaminación y los elementos no deseados

presentes en el agua, ya sea proveniente de fuentes naturales o del suministro humano (Cabrera, 2019).

5. Desinfección y filtración

La desinfección del agua de consumo humano tiene como objetivo principal eliminar los microorganismos nocivos presentes en el agua que no han sido eliminados durante las etapas iniciales del proceso de tratamiento del agua. Esta acción es esencial en las plantas de tratamiento de agua potable para garantizar que el agua no represente un riesgo para la salud de las personas. En ocasiones, especialmente cuando se trata de agua de nacimientos naturales o de pozos, la desinfección es el único procedimiento realizado para obtener agua potable, ya que constituye una medida efectiva para la destrucción de microorganismos patógenos, como coliformes. La desinfección puede llevarse a cabo mediante métodos químicos o físicos y debe aplicarse tanto en aguas superficiales como subterráneas (Jaramillo & Molano, 2022).

6. Calidad de agua

La gestión apropiada del agua es fundamental para asegurar su calidad y disponibilidad para el consumo humano. La presencia de microorganismos patógenos, sustancias químicas nocivas o metales pesados en el agua puede provocar enfermedades que afectan a comunidades enteras. Por ello, es necesario promover una administración sostenible de los recursos hídricos, evitando la sobreexplotación y la contaminación que impactan negativamente en la disponibilidad y calidad del agua a nivel global (Arce et al., 2022; Salazar, 2020).

El agua destinada al consumo humano debe estar completamente libre de microorganismos patógenos. Se establecen umbrales específicos para la presencia de bacterias coliformes y *Escherichia coli*, siendo necesario que el número total de bacterias coliformes sea inferior a 100 por cada 100 mililitros (mL) de agua, y el número de bacterias *Escherichia coli* sea inferior a 10 por cada 100 mL. Además, es fundamental que el agua de consumo humano no contenga sustancias químicas que puedan ser perjudiciales para la salud (Pérez, 2021).

En ese sentido, se fijan límites máximos permitidos para plaguicidas y metales pesados. Sólidos disueltos totales tienen un límite máximo permisible de 500 miligramos por litro (mg/L). En cuanto al arsénico, su límite máximo permitido es de 0,01 mg/L. Para los fluoruros, el límite máximo aceptable es de 1,5 mg/L. Respecto al nitrógeno, el tope máximo permitido para el nitrógeno total es de 10 mg/L. En lo que concierne al cloro, el límite máximo permisible para el cloro libre residual es de 0,2 mg/L (Hernández, 2016).

7. Microbiología de agua

La calidad del agua se ve influenciada por la presencia de bacterias en el líquido elemental. Se han propuesto varios métodos para evaluar el nivel de contaminación, distinguiendo entre la procedencia animal y humana. Sin embargo, estos métodos resultan poco eficaces debido a la irregularidad en la distribución de los microorganismos, algunos

de los cuales están presentes en cantidades mucho menores que otros. Por esta razón, se ha establecido la clasificación en grupos de coliformes como el principal indicador de la calidad del agua (Chamba & Guallasamin, 2015).

Además, los coliformes constituyen un grupo de bacilos aeróbicos y anaeróbicos de gran tamaño que fermentan la lactosa y producen gases cuando se incuban en laboratorio durante 48 horas a una temperatura de 35°C. Este grupo incluye bacterias como *E. coli* entero patógena, enterobacterias, *Klebsiella* y otras que se encuentran en el tracto digestivo de animales de sangre caliente, incluyendo los seres humanos (Aguilar, 2018).

8. Contaminación de agua

La calidad del agua potable puede verse comprometida por una variedad de microorganismos patógenos, cada uno con su propio período de incubación. El clima desempeña un papel crucial en el transporte y la dispersión de estos agentes microbianos a través de la lluvia y la escorrentía, así como en su supervivencia y crecimiento, influenciado por factores como la temperatura. Es esencial que tanto la industria del agua potable como el público estén debidamente informados y participen en la elaboración de nuevos programas de vigilancia de enfermedades y salud pública (Cobeña & González, 2020; García et al., 2021).

9. Muestreo del agua

El objetivo del muestreo del agua es obtener una imagen precisa y representativa de sus características en un lugar y momento determinados. Es crucial que la muestra sea representativa de la fuente de agua para llevar a cabo evaluaciones precisas sobre su calidad y gestión. La selección de la ubicación de muestreo debe ser estratégica y adaptarse a los objetivos específicos que se pretenden medir. Esto implica considerar la variabilidad espacial y temporal, así como la posible presencia de fuentes de contaminación, con el fin de obtener una visión integral de la calidad de agua del área de estudio (Rodríguez et al., 2022).

10. Parámetros físicos

De acuerdo con Baldeón, (2018) los parámetros físicos se refieren a las sustancias que afectan directamente la calidad del agua, mientras que los parámetros químicos comprenden indicadores como el pH, la conductividad, la acidez, la alcalinidad, entre otros, así como las diferentes sustancias químicas presentes en el agua, como hierro, manganeso, grasas, nitrógeno, DBO, entre otras. A continuación, se detallan los parámetros físico-químicos:

10.1. Color

El color del agua se produce por la presencia de sustancias disueltas y coloides. Existen dos categorías principales de color: (a) el aparente y (b) el verdadero. El primero se refiere al generado por materiales suspendidos, mientras que el segundo es aquel que persiste en el agua una vez que se ha eliminado la turbidez (Intriago & Mendoza, 2021).

10.2. Turbidez

La turbidez es la capacidad del material en suspensión en el agua para bloquear la luz, es resultado de los sedimentos generados por la erosión natural y la acumulación de materia orgánica (Arce et al., 2022).

10.3. Sólidos Totales Disueltos

Se pueden identificar varios tipos de materiales sólidos que se utilizan para evaluar la calidad del agua. Algunos de estos incluyen:

- **Sólidos totales (ST):** se refiere a cualquier material que permanezca una vez que el agua se ha evaporado por completo.
- **Sólidos disueltos totales (SDT):** representa la cantidad total de sales inorgánicas presentes en el agua y sirve como indicador de su salinidad.
- **Sólidos sedimentales (SS):** comprende todo el material que se deposita en el fondo del recipiente que contiene la muestra de agua (Salazar, 2020).

11. Parámetros químicos

11.1. Arsénico

El arsénico, un elemento químico que está presente en la naturaleza y es conocido por ser tóxico para los seres humanos. En el agua, concentraciones elevadas de este elemento constituye un riesgo para la salud de las personas, asociándose con enfermedades como: cáncer de piel, pulmón, vejiga, riñón, además de afecciones cardiovasculares y diabetes. Para identificar la presencia de arsénico en el agua es importante realizar análisis de calidad de agua. Así mismo, es esencial identificar posibles fuentes de contaminación e implementar medidas de tratamiento adecuadas para eliminar o reducir los niveles de este elemento (Cabrera & Gallardo, 2022).

11.2. Cadmio

El cadmio es un elemento químico que está presente en la naturaleza y su presencia se ve influenciado por las actividades humanas como la minería, fundición de metales e incineración de residuos. En el agua se puede presentar por acciones de agricultura como resultado del escurrimiento de fertilizantes fosfatados o liberación de aguas residuales y la corrosión de tuberías de agua. Es esencial implementar una gestión efectiva del cadmio para garantizar el acceso al agua segura y proteger la salud de las personas (Intriago & Mendoza, 2021).

11.3. Cloro libre residual

El cloro libre residual se refiere a la concentración de este elemento en el agua después de finalizar su proceso de desinfección, es decir, el cloro que no ha reaccionado y sigue presente tras haber reaccionado con los microorganismos y sustancias orgánicas presentes. La presencia de este cloro residual es crucial para asegurar la calidad del agua en los sistemas de distribución, evitando así la reintroducción de agentes patógenos. La

medición de este elemento sirve como un indicador clave de la potabilización de agua. Mantener un equilibrio adecuado de cloro libre residual es fundamental para proteger la salud de la población y la seguridad del suministro de agua (Mancheno & Ramos, 2015).

11.4. Cobre

La presencia de cobre en el agua obedece a procesos naturales, como la disolución de minerales y rocas que lo contienen, o a factores antropogénicos, tales como la corrosión de tuberías de cobre. Es importante indicar que, en pequeñas cantidades, el cobre es esencial para la salud humana, contribuyendo a funciones vitales como la formación de glóbulos rojos y el mantenimiento de huesos y nervios saludables. Sin embargo, el exceso de este elemento puede ser perjudicial, provocando efectos adversos como náuseas, vómitos, dolor abdominal y, en casos severos, daño hepático o renal (Chamba & Guallasamin, 2015).

11.5. Cromo

El cromo en el agua es un elemento altamente tóxico y carcinogénico para los seres humanos. Su presencia está relacionada con lixiviación de minerales, rocas, industria manufacturera, minería y disposición inadecuada de residuos químicos. La concentración permanente en el agua potable está vinculada con diversos problemas de salud, incluyendo cáncer, daño hepático y renal. Por esta razón es importante monitorear continuamente para controlar los niveles de cromo en las fuentes de agua potable (Ñahui, 2023).

11.6. Fluoruros

Los fluoruros en el agua se refieren a la presencia de compuestos a base de flúor disueltos en fuentes de agua potable. Su presencia está relacionada con la erosión de minerales y rocas a base de este elemento. La concentración elevada en el agua puede ocasionar fluorosis, una enfermedad que afecta los dientes y los huesos. Por lo tanto, monitorear y regular los niveles de fluoruro en el agua potable es fundamental para garantizar la salud de las personas y prevenir posibles daños (Guarderas & Chafloque, 2021).

11.7. Mercurio

El mercurio es un metal pesado y puede estar presente en el agua debido a la minería, la quema de combustibles fósiles y la fabricación de productos industriales. Este elemento es altamente tóxico, tiene la capacidad de bioacumularse en la cadena alimentaria acuática, afectando negativamente la vida silvestre y a los seres humanos. Consumir agua contaminada con mercurio puede provocar trastornos del desarrollo en niños y problemas reproductivos. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo análisis de contenido de mercurio en agua de consumo para proteger la salud de las personas y del medio ambiente (Salazar, 2020).

11.8. Plomo

La contaminación de plomo en el agua es producto de varias fuentes como: tuberías de plomo y soldaduras en sistemas de plomería antiguos, la corrosión de materiales que contienen plomo en contacto con el agua y la contaminación agrícola. Consumir agua contaminada es perjudicial para la salud humana, afecta el desarrollo cerebral y el sistema

nervioso en los niños, además de ocasionar problemas cardiovasculares y renales. Debido a su gran afectación es importante realizar análisis periódicos de calidad de agua y aplicar tratamientos adecuados para reducir o eliminar la presencia de plomo (Afan, 2018; Zanafria, 2018).

11.9. Nitritos y nitratos

Los nitratos y nitritos, se presentan en diferentes formas en la naturaleza y son los principales contaminantes de los recursos hídricos producto de las actividades antrópicas como la industria, la agricultura y la cría de cerdos. Los nitratos suelen estar presentes en aguas superficiales, pero en concentraciones bajas. Sin embargo, pueden alcanzar niveles elevados en aguas subterráneas. La concentración en agua potable debe estar por debajo de 10 mg/L, en ocasiones suelen aparecer en trazas en aguas residuales domésticas frescas. Estos elementos son nutrientes clave para muchos seres autótrofos fotosintéticos. Por lo contrario, las altas concentraciones de estos compuestos pueden reducir la biodiversidad (Donoso & Cortés, 2018; Hoyos, 2020).

12. Parámetros microbiológicos

12.1. Coliformes totales

Los coliformes constituyen un grupo de bacterias presente de manera natural en el suelo, las plantas y los seres vivos, incluidos los humanos. Actúan como indicadores de contaminación sin especificar su fuente, señalando problemas en el tratamiento, distribución o incluso en los puntos de uso doméstico. Su detección activa los procedimientos para el control de calidad del agua (Pérez, 2021).

12.2. Coliformes fecales

Los coliformes fecales constituyen un conjunto de bacterias que, al estar expuestas a sales biliares o sustancias selectivas similares, fermentan la lactosa generando ácido y gas en un rango de temperatura de 44 a 45,5 grados Celsius. Se utilizan como indicadores de la presencia de contaminación fecal en los alimentos, dado que su origen es intestinal (Calderon & Barcena, 2023).

13. Marco Legal del Agua en el Ecuador

13.1. Constitución Política de la Republica del Ecuador

“La Constitución es la norma jurídica primordial del Estado, está dirigida a garantizar y consagrar los derechos de los ciudadanos de manera general, los que a su vez son desarrollados a través de la legislación secundaria como leyes orgánicas y ordinarias, reglamentos, ordenanzas, decretos, entre los más principales” (Constitución del Ecuador, 2008). La constitución establece que el agua es patrimonio nacional de uso público. Art. 14.- “Se declara de interés público la preservación del ambiente y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Constitución del Ecuador, 2008).

Art. 14.- “La población tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008). “Se declara de interés público la preservación del ambiente y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

La sección sexta “Agua” del capítulo segundo “Biodiversidad y recursos naturales” del título VII “Régimen del Buen Vivir”, señala que “el estado es el responsable de asegurar la conservación, recuperación y manejo adecuado de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos” (Constitución de la República del Ecuador, La sección sexta “Agua” del capítulo segundo “Biodiversidad y recursos naturales”

Del título VII “Régimen del Buen Vivir”, señala que “el estado es el responsable de asegurar la conservación, recuperación y manejo adecuado de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos” (Constitución del Ecuador, 2008). “Además de regular las actividades en las que se puedan ver afectadas tanto la calidad como la disponibilidad del agua y afectar el equilibrio de los ecosistemas en los que se alberguen fuentes y zonas de descargas de agua” (Constitución del Ecuador, 2008). De igual manera prioriza la sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano de agua, mediante el uso y aprovechamiento siendo de carácter prioritario” (Constitución del Ecuador, 2008).

13.2. Acuerdo ministerial 097 (Texto Unificado de Legislación Secundaria)

El Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA) es la norma técnica ambiental dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional. El libro VI, Anexo 1 “De la Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes – Recurso Agua establece principales criterios:

- Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico.
- Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:
 - a) Bebida y preparación de alimentos para consumo, b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

Esta Norma se aplica durante la captación de esta y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios.

13.3. NTE INEN 1108. Agua para consumo humano. Requisitos

En Ecuador, se reconoce el acceso al agua de calidad como un derecho humano, estableciendo una normativa técnica para asegurar la provisión de agua potable de manera eficaz, sostenible y de alta calidad. La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 especifica los criterios y los valores de referencia necesarios para considerar el agua como apta para el consumo. Este marco normativo asigna al Ministerio de Salud la responsabilidad de supervisar y analizar la calidad del agua (Norma Técnica Ecuatoriana. Agua para Consumo Humano. Requisitos, 2020).

Según la norma INEN 1108, el agua destinada al consumo humano se describe como esencial para la hidratación y para realizar varias tareas domésticas. Dicha agua debe satisfacer ciertos estándares físicos, químicos y microbiológicos para ser considerada segura para el consumo. En la **Tabla 1** se detallan los límites físico-químicos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser clasificada como de calidad (INEN 1108, 2020).

Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite Permitido
Arsénico	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.003
Cloro libre residual	mg/L	0.3 a 1.5
Cobre	mg/L	2.00
Color aparente	Pt-Co	15.00
Cromo (cromo total)	mg/L	0.05
Fluoruro	mg/L	1.50
Mercurio	mg/L	0.006
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50.00
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3.00
Plomo	mg/L	0.01
Turbiedad	NTU	5.00
Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia

Fuente: INEN 1108, (2020).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

1. Investigación cualitativa y cuantitativa

El enfoque metodológico de la investigación se desarrolló mediante la compilación de información primaria y secundaria correspondiente al área de estudio. Este proceso implicó la consulta de fuentes bibliográficas, incluyendo estudios de entidades públicas tales como el GAD del cantón Chambo y el GAD de la provincia de Chimborazo, así como investigaciones de autores publicados en revistas científicas regionales y de alto impacto referentes a la zona de estudio.

2. Localización del área de estudio

El área de estudio corresponde al cantón Chambo, localizado a 8 km al sur de la ciudad de Riobamba (Figura 1). La altitud promedio del cantón es de 2780 m.s.n.m., con una temperatura media que oscila entre 8 a 14 °C y una precipitación anual de 3498 mm. Su clima es apto para agricultura, ganadería y turismo. Chambo posee una superficie territorial de 163 km² y representa el 2,5% de la superficie total de la provincia (Moreno, 2017).

El análisis de calidad del agua potable en el cantón Chambo, se desarrolló en cuatro fases, las cuales se describen a continuación:

2.1. Diagnóstico de la red de distribución y selección de los puntos de muestreo

En la fase de diagnóstico se llevó a cabo visitas “*in situ*” en toda la red de abastecimiento, desde la captación hasta los puntos de distribución de agua potable en el sector urbano del cantón Chambo. Durante estas visitas, se identificaron las posibles actividades antrópicas que pudiesen alterar la calidad de agua que consumen los pobladores.

Los puntos donde se tomaron las muestras fueron debidamente georreferenciados y con la ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG) se generó un mapa de los sitios a ser muestreados. Este proceso se realizó con el fin de conocer las distancias entre cada punto, facilitando así un acceso directo y preciso a los lugares específicos de muestreo.

2.1.1. Trabajo de campo

Las muestras de agua fueron recolectadas en los cuerpos receptores o vertimientos, con el objetivo de obtener información actualizada sobre el estado de la calidad del recurso hídrico. Para esta etapa del trabajo se utilizó el Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua del Ministerio de Ambiente, el cual establece directrices y lineamientos para la recolección de muestras tales como:

- Elección de los puntos de muestreo de acuerdo a la ubicación geográfica y a la representatividad de la muestra.
- Selección de los parámetros de muestreo: orgánicos e inorgánicos.
- Preparación de los materiales y equipos para el muestreo.

- Instrucciones para el llenado de la cadena de custodia.
- Mediciones en campo.
- Especificaciones para las muestras en función a lo establecido en cada parámetro: filtrado, tipo de preservante, reactivos, temperatura y tiempo de preservación.

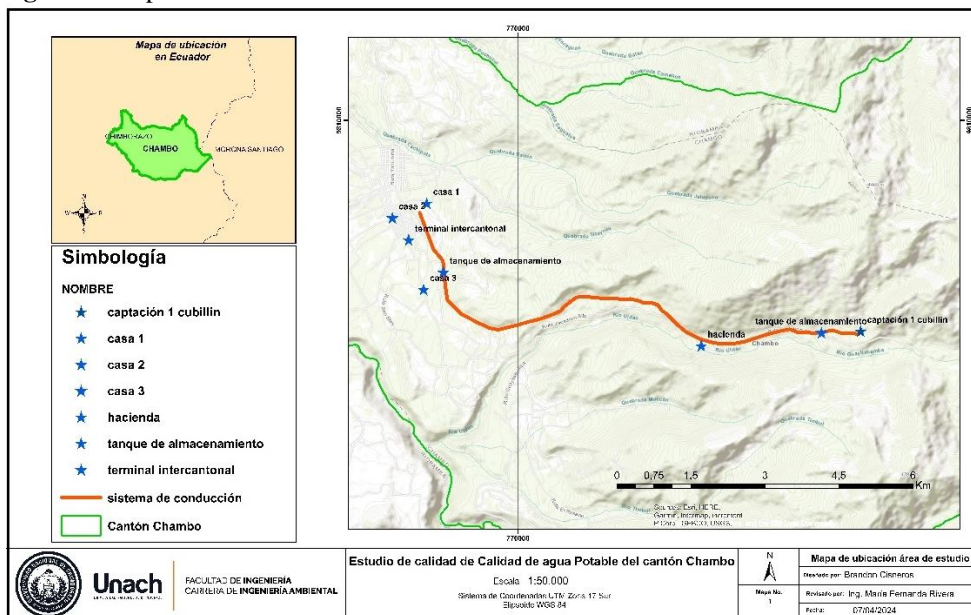
2.1.2. Localización de muestras

Los puntos de muestreo seleccionados cuentan con factores tales como: accesibilidad, distancia de muestreo, cantidad del recurso y número de consumidores, condiciones climáticas, actividades antrópicas en zonas aledañas, entre otras.

2.1.3. Toma de muestras

En el área de estudio se implementó 8 puntos de muestreo distribuidos de forma aleatoria. El muestreo se realizó con el propósito de lograr registrar datos confiables, tomando en cuenta la zona de captación, pozos de almacenamiento, planta de tratamiento y domicilios. El periodo de muestreo duro 6 semanas y las muestras de agua se recolectaron cada 8 días.

Figura 1. Mapa de ubicación del cantón Chambo.



Elaborado por: Brandon Cisneros.

2.1.4. Técnicas de muestreo

Con base a la normativa NTE INEN 2176:2013 Calidad del agua. Muestreo, Técnicas de muestreo. La técnica que fue empleada en esta investigación permitió tomar muestras en intervalos fijos de tiempo.

Para la toma de muestras los frascos fueron identificados con su respectivo código del lugar donde se tomó las muestras, además de la fecha y hora exacta en que se recolectó. Las muestras de agua fueron recolectadas en dirección opuesta al flujo de la vertiente; mientras

que para los pozos y plantas de tratamiento se sumergió el envase y para las viviendas de los usuarios se llenó el envase a un volumen adecuado (INEN 1108, 2020).

Es importante indicar que para la recolección de muestras se utilizó guantes de nitrilo y los envases estuvieron químicamente limpios y fueron enjuagados 2 o 3 veces antes de proceder a la recolección de la muestra, excepto para los envases destinados para análisis microbiológicos (INEN 1108, 2020).

Para la recolección de muestras microbiológicas la muestra fue tomada en un envase de vidrio con capacidad de 250 mililitros. La tapa del frasco fue cubierta con papel Kraft y fijado con una liga.

Los análisis fisicoquímicos fueron medidos *in-situ*. Sin embargo, en algunas ocasiones, debido a la falta de equipamiento de campo necesarios para evaluar los parámetros fisicoquímicos básicos, se procedió a la recolección de muestras en frascos de vidrio o polietileno de 500 mililitros. Los frascos que contenían las muestras de agua se mantuvieron alejados de la exposición a la luz (Helen, 2018).

2.1.5. Preservación de la muestra

Al momento de almacenar los frascos se verificó que estos estén herméticamente sellados con el fin de evitar posibles derrames, antes de su traslado al laboratorio. El tiempo límite que se consideró entre el muestreo y el inicio de los análisis fue de 24 horas. Es importante destacar que las muestras fueron transportadas en condiciones de refrigeración (4 – 10 °C), es decir en cajas (cooler) que mantiene este rango de temperaturas, por lo que se colocó dentro de la caja hielo o gel refrigerante. En el laboratorio la persona encargada de la recepción de las muestras verificó el etiquetado y lo comparó con la información recopilada en campo (Chaluisa & Pacheco, 2024).

2.1.6. Transporte de la muestra

Los frascos que contenían las muestras fueron transportados en una caja resistente para evitar roturas de estos. La caja contenía suficiente espacio para colocar las bolsas de hielo o gel refrigerado lo que permitió que las muestras se conserven a temperatura de refrigeración.

2.1.7. Determinación de calidad de agua

Los análisis para determinar la calidad de agua de la zona de estudio se realizaron en función de la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 de AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS (INEN 1108, 2020), y en la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 de AGUA. CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO, mismas que proporcionaron parámetros que miden calidad de agua para consumo humano como también guías para diseñar un programa de muestreo y técnicas de muestreo para realizar la toma y conservación de muestras.

En los lineamientos establecidos en las normativas anteriormente mencionadas la recolección de muestras se debe realizar considerando lo siguiente:

- Los envases deben estar completamente esterilizados y posteriormente homogeneizarlos, debido a que de esta manera se impide la contaminación de la muestra por agentes externos.
- Por lo general el tamaño de la muestra depende del volumen del recipiente.
- Identificación adecuada de las muestras realizadas.
- Conservación y transporte de las muestras mediante la cadena en frío, mediante la utilización de un transportador de muestras (cooler), con hielo seco con la finalidad de mantener la temperatura de la muestra y evitar alteraciones.

2.1.8. Análisis de las muestras

En el marco de control de calidad de agua potable, los parámetros establecidos por la dirección de agua potable del GAD municipal de cantón Chambo fueron los siguientes:

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos para medir la calidad de agua.

Parámetro	Unidad	Método
Color	mg/L	STANDARD METHODS 2120 - C
Turbidez	NTU	STANDARD METHODS 2130 B
Cloro libre residual	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - Cl G
Cobre	mg/L	STANDARD METHODS 3500 Cu 3111B
Fluoruros	mg/L	STANDARD METHODS 4500 F
Nitritos (NO ₂)	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NO ₂ - B
Nitratos (NO ₃)	mg/L	STANDARD METHODS 4500 - NO ₃ - E
Coliformes fecales	Ufc /100 mL	STANDARD METHODS 9221 - B

Fuente: INEN 1108, (2020).

2.2. Comparación de resultados obtenidos con la normativa

Tras obtener los resultados de laboratorio, se procedió a comparar las condiciones del agua de consumo en los puntos de monitoreo. Para ello, se empleó la normativa técnica ecuatoriana INEN 1108:2020, quinta edición, basándose en los criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico (INEN 1108, 2020).

2.3. Propuesta de medidas de preservación, conservación y mitigación con base en los resultados

Con base en los resultados obtenidos en fases anteriores se propuso ideas de proyectos o actividades cuya finalidad fue preservar, conservar o mitigar la calidad del agua.

2.3.1. Preservación y conservación

Se presentó una propuesta que contribuyó a mitigar los problemas derivados del mal uso de los recursos, la contaminación por desechos y las actividades que afectan, directa o indirectamente, la calidad del agua. Las propuestas presentadas fueron:

- Conciencia social y cultural.

- Conciencia hídrica.
- Sensibilización sobre el cuidado del agua, para estudiantes.
- Planes de ahorro y uso eficiente del agua.

2.3.2. Mitigación

Basándonos en los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, que evidenciaron una mala calidad del agua, se diseñaron proyectos que contribuyeron a su purificación y mejora para el consumo, considerando tanto aspectos técnicos como económicos.

- Osmosis inversa.
- Ozonificación.
- Filtración.
- Aireación.
- Adsorción por carbono activado.

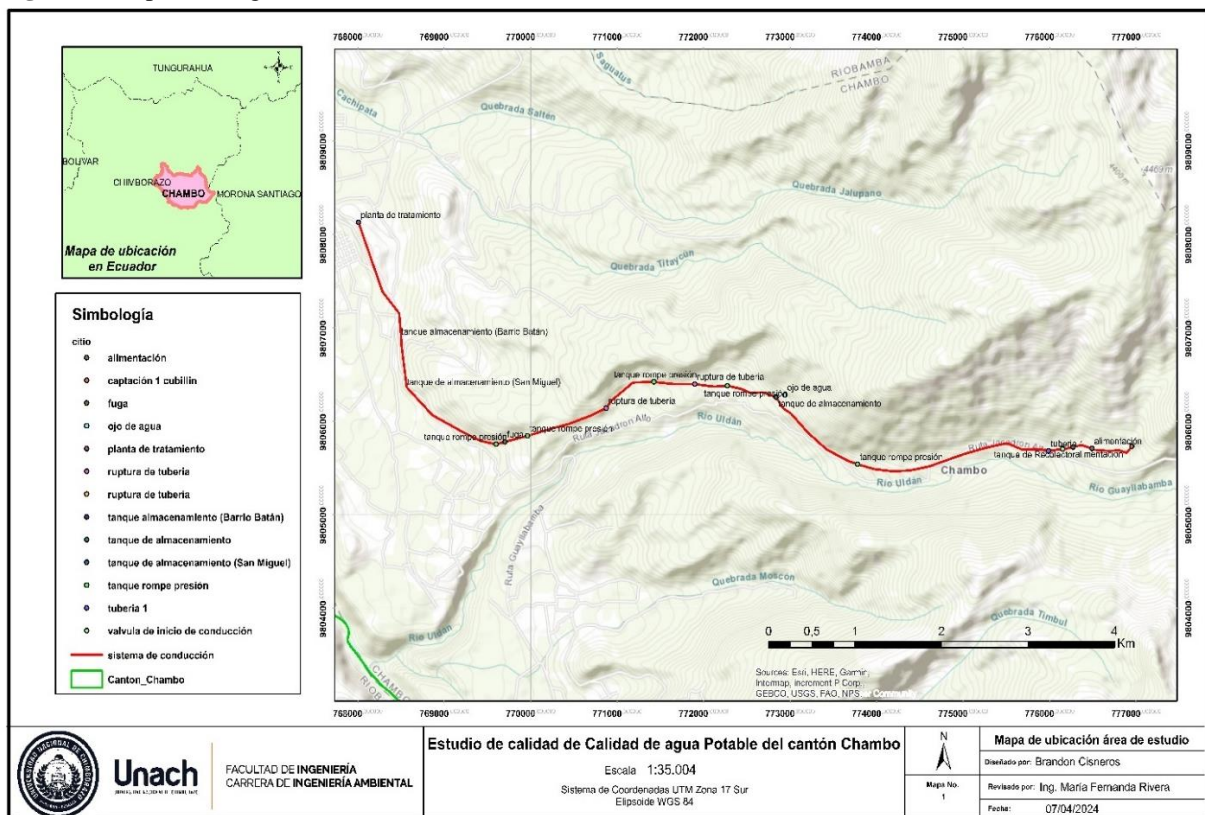
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Diagnóstico de la red de distribución de agua potable que abastece al sector urbano del cantón Chambo

El sistema de suministro de agua potable en la zona urbana del cantón Chambo comprende todas las infraestructuras requeridas para extraer, transportar, purificar, almacenar y repartir el agua desde una fuente superficial natural hasta los hogares de los residentes beneficiados por este sistema.

Figura 2. Mapa del diagnóstico de la red de distribución



Autor: Brandon Cisneros

Los componentes funcionales que integran el sistema de abastecimiento de agua potable del cantón chambos son:

Captación:

Consiste en las estructuras requeridas para recoger el agua de fuentes naturales. En el contexto de chambo, el suministro de agua se deriva principalmente de los deshielos de los Cubillines, los cuales fluyen como arroyos y son recolectados en tanques de almacenamiento donde se realiza una filtración de sedimentos grandes como pueden ser rocas, ramas y hojas de árboles, etc.

Conducción:

Se refiere al elemento que se encarga de trasladar el agua almacenada, ya sea mediante gravedad o presión, en el caso del cantón Chambo se utiliza la gravedad aprovechando la diferencia de niveles de terreno, para lo cual utilizan tubería de PVC de 300 mm de diámetro interno.

La conducción de agua proveniente del tanque recolector desde la captación a la planta de tratamiento posee algunas derivaciones las cuales suministran agua a distintos sectores que no son abastecidos desde las reservas de agua potable del cantón Chambo, por lo que en estos sectores no tienen acceso a agua potable lo que provoca molestias a los habitantes.

Potabilización o desinfección:

Esta fase comprende el conjunto de instalaciones destinadas a garantizar que el agua proveniente de fuentes naturales tenga la calidad necesaria para el consumo humano. Esto implica el uso de procesos físicos, mecánicos y químicos que aseguren que el agua cumpla con los estándares requeridos por la normativa usada para el consumo humano, teniendo en cuentas los aspectos como la seguridad, la aceptabilidad estética y la viabilidad económica.

La planta de tratamiento que se encuentra en el cantón Chambo utiliza procesos como sedimentación, prefiltración, filtración y desinfección, el método de desinfección que se utiliza es la cloración, pero el cloro está en forma de gas. La dirección de agua potable del GAD del cantón Chambo, la planta de tratamiento opera a capacidad máxima, esta entidad proporcionó la información que el caudal que ingresa a la planta es de 47 L/s. durante las épocas de lluvia intensas, la planta de tratamiento experimenta inconvenientes debido a que el caudal aumenta por lo que este excede en demasía la capacidad y la planta no opera eficientemente, que da como resultado la alteración de parámetros como es la turbidez y el color que superan en cantidad el límite que rige la normativa.

En la visita técnica que se realizó a la planta de tratamiento de agua potable se recabó información en la que se indica que la planta se encuentra de forma general en condiciones aceptables. Sin embargo, información obtenida por parte de los planes maestros realizados en el cantón Chambo se identifican problemas tales como una deficiente construcción del filtro lento, donde dos de sus 5 secciones se encuentran inhabilitados debido que tienen fugas significativas.

Almacenamiento:




En esta etapa de la red de distribución se relaciona con los tanques de reserva que facilitan la provisión del caudal máximo durante periodos específicos a la red de distribución, asegurándose una presión adecuada. En Chambo se encuentra tres tanques de almacenamiento en los que deposita el agua que sale de la planta de tratamiento, también ahí tanques de almacenamiento en el sector del altar en los que se almacena y se da una desinfección mediante cloración ya que esta agua no va a la planta de tratamiento.






Distribución:

Comprende el conjunto de infraestructuras y dispositivos responsables de llevar a cabo el agua a las viviendas del sector urbano de manera continua, en el cantón Chambo los usuarios tiene una dotación de 24 horas. Por lo que cuentan con válvulas, tuberías, conexiones, medidores.

Las tuberías utilizadas en el sistema de distribución del cantón Chambo en la actualidad han cumplido con su vida útil, lo que provoca fisuras, fugas y rupturas en distintas partes del sistema, en la actualidad se está ejecutando la construcción del proyecto de “Plan maestro de agua potable y alcantarillado del cantón Chambo”, con lo que se resolverá en gran parte estos problemas.

Tabla 3. Descripción de puntos de la red de diagnostico

Punto	Coordenadas	Figura	Descripción
Captación Cubillín	X:776950,43 Y:9805729,18		Lugar donde se inicia la captación de agua en el Cubillín.
Tanque recolector	X:776155,38 Y:9805697,57		Tanque donde se almacena el agua del deshielo y se puede observar que se tiene una malla la cual se utiliza como filtro para retener sedimentos grandes.
Válvula en el inicio de la conducción	X:776151,99 Y:9805702,85		Válvula que inicia la conducción del agua almacenada en el tanque receptor. Cabe destacar que Chambo solo cuenta con esta válvula ya que no es sectorizado la distribución.

	<p>T1 X:773779,51 Y:9805537,35</p>		
<p>Tanques rompe presión</p>	<p>T2 X:772273,02 Y:9806378,39</p>		
	<p>T3 X:771424,57 Y:9806418,91</p>		<p>Los tanques rompen presión en época de lluvia se saturan y no cumplen correctamente su función.</p>
	<p>T4 X:769962,12 Y:9805841,56</p>		
<p>Tanque de almacenamiento</p>	<p>X:772837,67 Y:9806255,27</p>		<p>Primer tanque de almacenamiento, no se da tratamiento al agua</p>

Tanque de almacenamiento de San Miguel de Guaractus X:768565,64 Y:9806362,57



Tanque no cubierto, se da un tratamiento de cloración y filtración con arena. Se debe tener en cuenta que el agua de este tanque no va a la planta de tratamiento.

Tanque de almacenamiento del Batan X:768501,79 Y:9806904,11



Tanque del sector Batan, se da tratamiento de cloración y filtración por arena. El agua que tiene este tanque no va a la planta de tratamiento.

Planta de tratamiento X:768008,19 Y:9808126,58



La planta de tratamiento se encuentra en estado activo en la que se da 4 etapas de tratamiento.

Fuente: Brandon Cisneros

2. Calidad de agua en la red de distribución de agua potable mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la NTE INEN 1108:2020

Los muestreos se realizaron en 8 puntos seleccionados a lo largo de la red de distribución de agua potable del sector de Cubillín ubicado en el cantón Chambo provincia de Chimborazo. Los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y biológicos son presentados en las siguientes tablas:

Tabla 4. Puntos de muestreo

Sitio del muestreo	Punto	X	Y
Captación 1 Cubillín	p1	776950,43	9805729,18
Tanque de almacenamiento	p2	776155,38	9805697,57
Hacienda	p3	773718,22	9805432,05
Tanque de almacenamiento	p4	768489,08	9806924,11
Casa 1	p5	768152,85	9808322,29
Casa 2	p6	767456,01	9808025,25
Casa 3	p7	768087,74	9806574,56
Terminal Inter cantonal	p8	767785,82	9807578,56

Fuente: Brandon Cisneros

2.1. Turbidez

Se puede observar en la

Tabla 5 en los puntos P1, P2, P4, P7 el valor calculado de este parámetro es superior al límite permisible, debemos tener en cuenta que desde el P1 al P4 y el P7 no se da tratamiento de potabilización de agua, mientras que los P5, P6 y P8 es agua tratada.

Tabla 5. Análisis de muestras de turbidez.

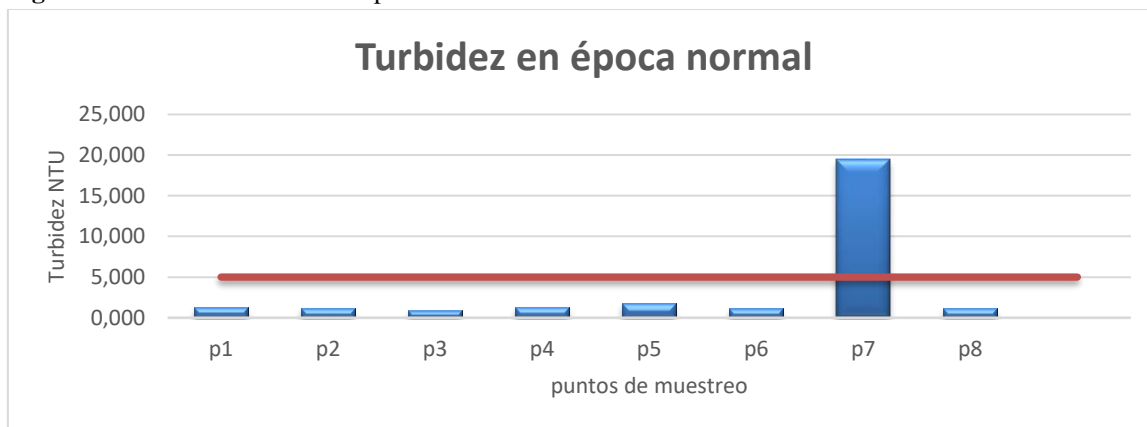
Puntos	Muestras						Promedio	Limite permisible	Unidades
	Época de lluvia		Época normal						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	39,3	1,53	1,275	1,08	1,15	1,4	1,287	5	NTU
p2	25,7	1,525	1,1	1,255	1,22	0,98	1,216	5	NTU
p3	1,19	0,375	0,555	1,805	0,58	1,25	0,913	5	NTU
p4	27,7	1,36	0,36	2,33	1,395	1,295	1,348	5	NTU
p5	1,55	3,23	0,195	1,205	2,08	2,05	1,752	5	NTU
p6	1,595	1,145	0,985	1,02	1,205	1,29	1,129	5	NTU
p7	13,95	28,65	1,01	1,37	28,9	37,23	19,432	5	NTU
p8	2,28	1,18	0,715	1,525	1,145	1,33	1,179	5	NTU

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 3. Grafica de turbidez en época de lluvia

Autor: Brandon Cisneros

Figura 4. Grafica de turbidez en época normal



Autor: Brandon Cisneros

2.2. Color

Como se observa en la **Fuente:** Brandon Cisneros

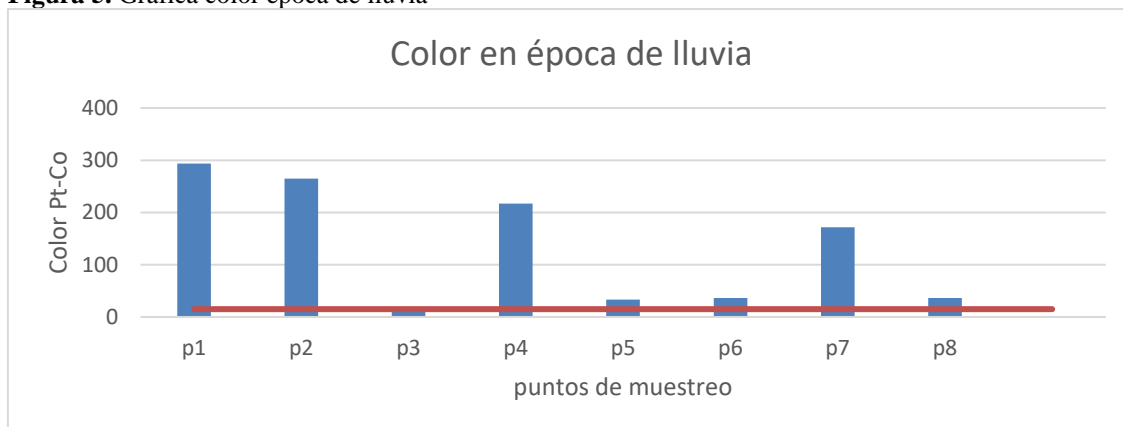
Figura 5, los valores de color al momento de estar en una época de lluvia superan en cantidad el límite impuesto por la normativa. Mientras que en la **Figura 6**, en condiciones normales los parámetros son menores a la normativa a excepción del P7 el cual no tiene ningún tratamiento ya que es agua entubada.

Tabla 6. Análisis de muestras de color.

Puntos	Muestras						Promedio	Limite permisible	Unidades
	Época de lluvia		Época normal						
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	293,5	5,5	8,5	24	6	7	10,20	15	Pt-Co
p2	265	8,5	7	30	8,5	8	12,40	15	Pt-Co
p3	18,5	-2	12	33	0,5	1,5	9	15	Pt-Co
p4	217	9,5	-1,5	26,5	3,5	3,5	8,30	15	Pt-Co
p5	33,5	25,5	-2,5	20	13	10,5	13,30	15	Pt-Co
p6	36,5	8	-2,5	13	8,5	6,5	6,7	15	Pt-Co
p7	172	192	39	57	190	225	140,6	15	Pt-Co
p8	36,5	8	12,5	17,5	8	7	10,6	15	Pt-Co

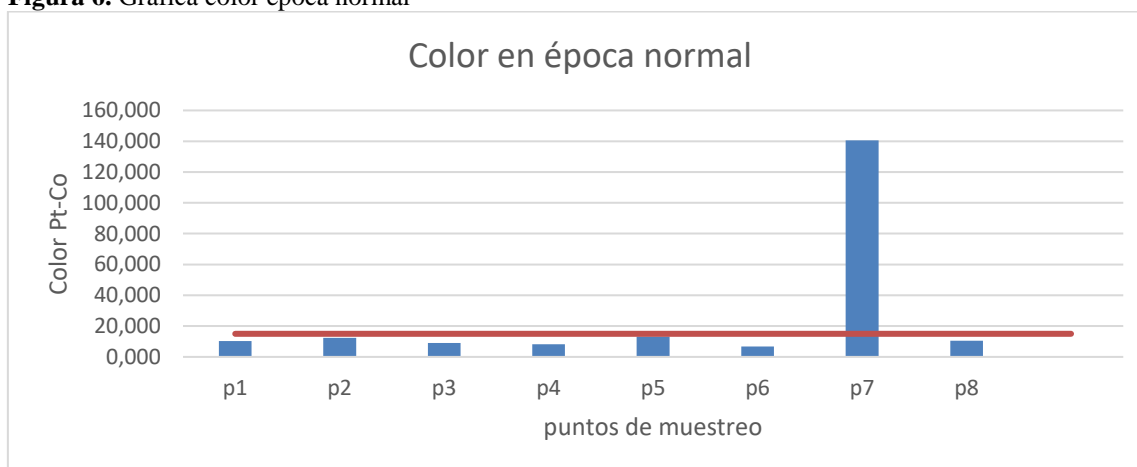
Fuente: Brandon Cisneros

Figura 5. Grafica color época de lluvia



Autor: Brandon Cisneros

Figura 6. Grafica color época normal



Autor: Brandon Cisneros

2.3. Fluoruro

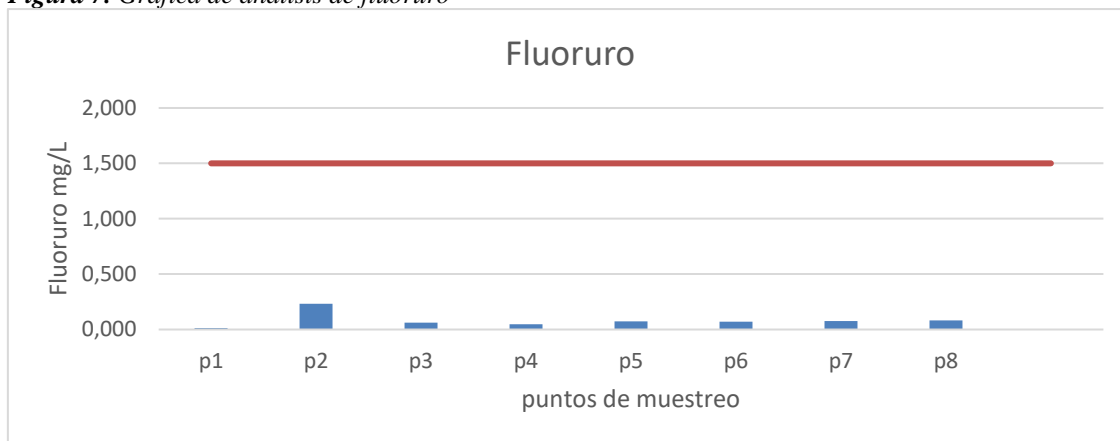
Como se observa en los resultados de los análisis, la cantidad de fluoruros en cada una de las muestras no supera el límite permisible.

Tabla 7. Análisis de muestras de fluoruro

Puntos	Muestras						Promedio	Limite Permisible	Unidades
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	0	0	0,025	0,02	0,02	0,02	0,014	1,5	mg/L
p2	0	0,145	0,0125	0,085	0,095	1,05	0,231	1,5	mg/L
p3	0,065	0,215	0,031	0,02	0,02	0,025	0,063	1,5	mg/L
p4	0	0,14	0,038	0,03	0,05	0,025	0,047	1,5	mg/L
p5	0,02	0,295	0,077	0	0,015	0,035	0,074	1,5	mg/L
p6	0,015	0,155	0,0215	0,145	0,016	0,075	0,071	1,5	mg/L
p7	0,09	0,26	0,0305	0,015	0,05	0,02	0,078	1,5	mg/L
p8	0,025	0,235	0,173	0	0,03	0,035	0,083	1,5	mg/L

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 7. Grafica de análisis de fluoruro



Autor: Brandon Cisneros

2.4. Cobre

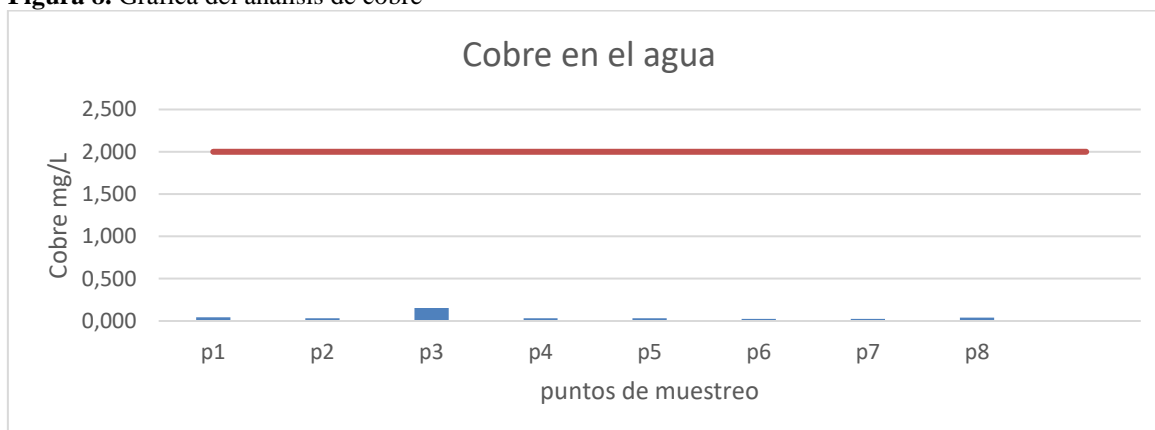
El resultado del análisis realizado en la investigación ilustrados en la **Tabla 8**, permite observar que la presencia de cobre en el agua no excede los límites permisibles.

Tabla 8. Análisis de muestras de cobre

Puntos	Muestreros						Promedio	Limite Permissible	Unidades
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	0,165	0,02	0	0,025	0,03	0,025	0,044	2	mg/L
p2	0,06	0,005	0,015	0,02	0,04	0,065	0,034	2	mg/L
p3	0,065	0,025	0,035	0,095	0,11	0,595	0,154	2	mg/L
p4	0,065	0,015	0,02	0,01	0,045	0,05	0,034	2	mg/L
p5	0,11	0,01	0	0,025	0,025	0,03	0,033	2	mg/L
p6	0,025	0,02	0,015	0,02	0,045	0,03	0,026	2	mg/L
p7	0,025	0,035	0	0,02	0,055	0,02	0,026	2	mg/L
p8	0,035	0,015	0,03	0,025	0,085	0,055	0,041	2	mg/L

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 8. Grafica del análisis de cobre



Autor: Brandon Cisneros

2.5. Cloro libre residual

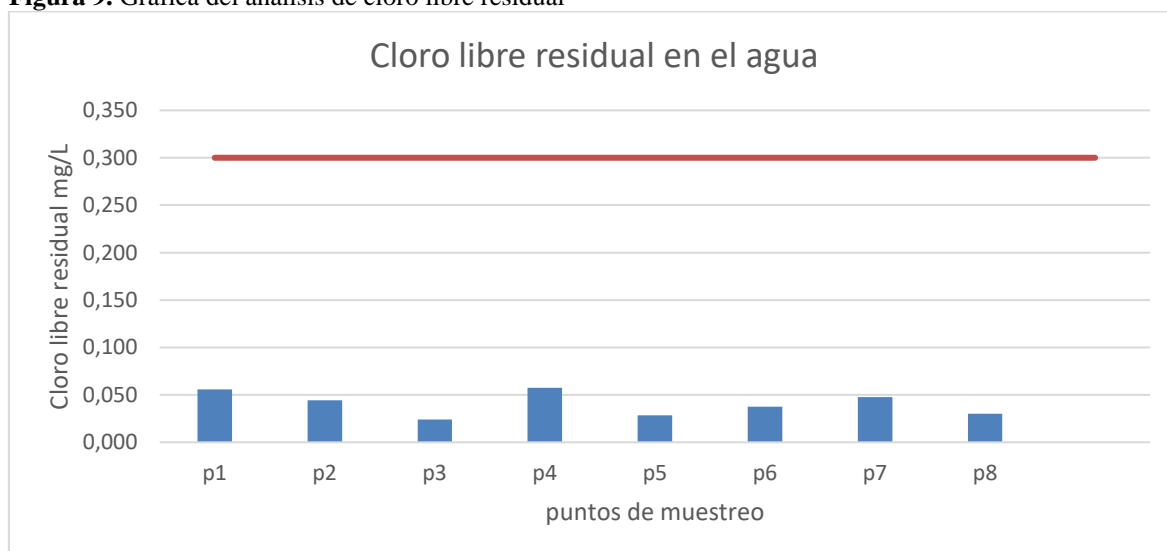
En base a los resultados presentados en la **Tabla 9**, se puede ver que el cloro residual presente en cada una de las muestras no se encuentra en el rango de 0,3 a 1,5 por lo que se está implementando un tratamiento de desinfección deficiente.

Tabla 9. Análisis de muestras de cloro libre residual

Puntos	Muestréos						Promedio	Limite Permissible	Unidades
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	0,15	0,025	0,035	0,05	0,02	0,055	0,056	0,3 a 1,5	mg/L
p2	0,17	0,01	0,015	0,01	0,05	0,01	0,044	0,3 a 1,5	mg/L
p3	0,01	0,005	0,02	0,025	0,02	0,065	0,024	0,3 a 1,5	mg/L
p4	0,2	0,02	0	0,035	0,055	0,035	0,058	0,3 a 1,5	mg/L
p5	0,015	0,015	0,02	0,015	0,04	0,065	0,028	0,3 a 1,5	mg/L
p6	0,02	0,03	0,125	0,015	0,015	0,02	0,038	0,3 a 1,5	mg/L
p7	0,04	0,15	0,025	0,025	0,025	0,02	0,048	0,3 a 1,5	mg/L
p8	0,035	0,015	0,025	0,015	0,055	0,035	0,030	0,3 a 1,5	mg/L

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 9. Grafica del análisis de cloro libre residual



Autor: Brandon Cisneros

2.6. Nitrito

En la **Fuente:** Brandon Cisneros

Figura 10 se observa que los resultados obtenidos en los análisis de cada una de muestras no supera el límite permisible impuesto por la normativa.

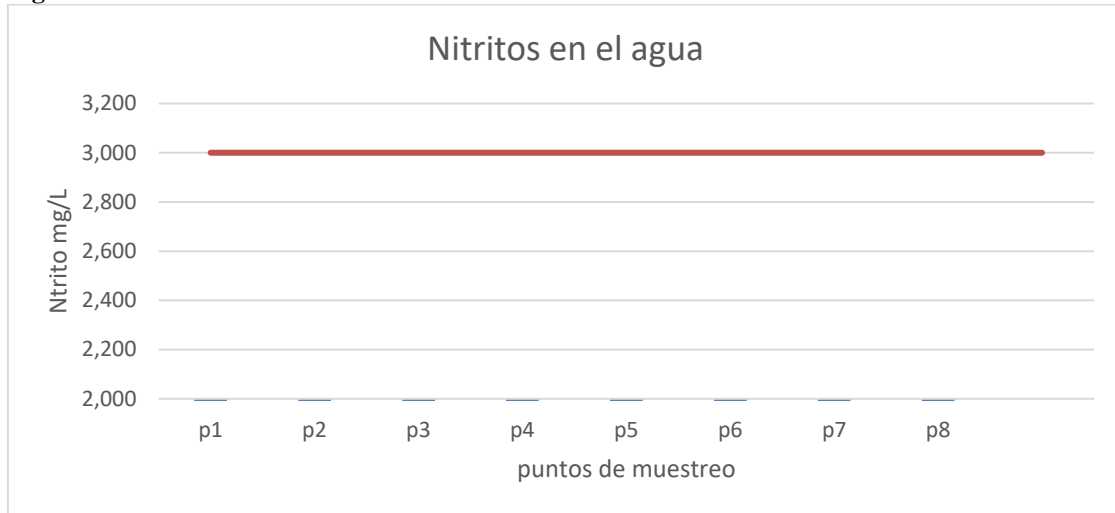
Tabla 10. Análisis de muestras de nitritos

Puntos	Muestréos						Promedio	Limite Permissible	Unidades
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	0,01	0,0025	0,011	0,004	0,003	0,004	0,006	3	mg/L
p2	0,0045	0,003	0,0045	0,0025	0,0065	0,0065	0,005	3	mg/L
p3	0,006	0,0015	0,007	0,0035	0,0015	0,004	0,004	3	mg/L
p4	0,0035	0,0035	0,0015	0,0015	0,004	0,0015	0,003	3	mg/L
p5	0,004	0,003	0,004	0,0055	0,007	0,0065	0,005	3	mg/L

p6	0,0015	0,003	0,005	0,0045	0,0035	0,004	0,004	3	mg/L
p7	0,0005	0,0005	0,0045	0,005	0,002	0,0035	0,003	3	mg/L
p8	0,0025	0,002	0,0085	0,004	0,0055	0,0015	0,004	3	mg/L

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 10. Grafica del análisis de nitritos



Autor: Brandon Cisneros

2.7. Nitratos

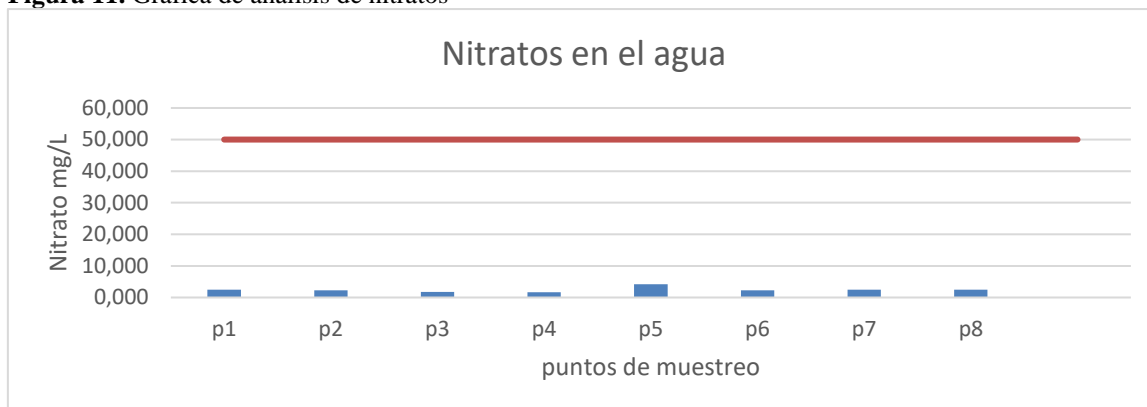
El análisis de nitratos en cada una de las muestras, dio los resultados presentados en la **Tabla 11**, donde se observa los promedios de todos los análisis por punto respecto al límite permisible y en ningún punto supera el mismo.

Tabla 11. Análisis de muestras de nitratos

Puntos	Muestras						Promedio	Limite Permissible	Unidades
	M1	M2	M3	M4	M5	M6			
p1	2,6	1,75	1,7	3,4	2,8	2,35	2,433	50	mg/L
p2	1,4	1,5	2,75	2,8	3	2,45	2,317	50	mg/L
p3	2,4	2	1,25	1,85	1,7	1,4	1,767	50	mg/L
p4	1,75	1,7	1,45	1,75	1,9	1,7	1,708	50	mg/L
p5	8,95	1,7	4,3	3,75	3,4	3	4,183	50	mg/L
p6	4,4	1,65	3,15	1,35	1,7	1,55	2,300	50	mg/L
p7	1,35	1,4	4,15	2,2	2,15	3,55	2,467	50	mg/L
p8	2,2	1,6	4,65	2,3	2,4	1,7	2,475	50	mg/L

Fuente: Brandon Cisneros

Figura 11. Grafica de análisis de nitratos



Autor: Brandon Cisneros

2.8. Coliforme fecales

En la **Tabla 12**, dio como resultado la presencia de coliformes en todos los puntos los cuales se dividen en lugares en los que se da tratamiento y en lo que no se proporciona tratamiento, lo que se puede interpretar que, debido a deficiente tratamiento de desinfección existe la presencia de coliformes.

Tabla 12. Análisis microbiológicos de coliformes fecales

Puntos	Promedio	Limite Permisible	Unidades
p1	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p2	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p3	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p4	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p5	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p6	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p7	1	ausencia o presencia	Numero /100mL
p8	1	ausencia o presencia	Numero /100mL

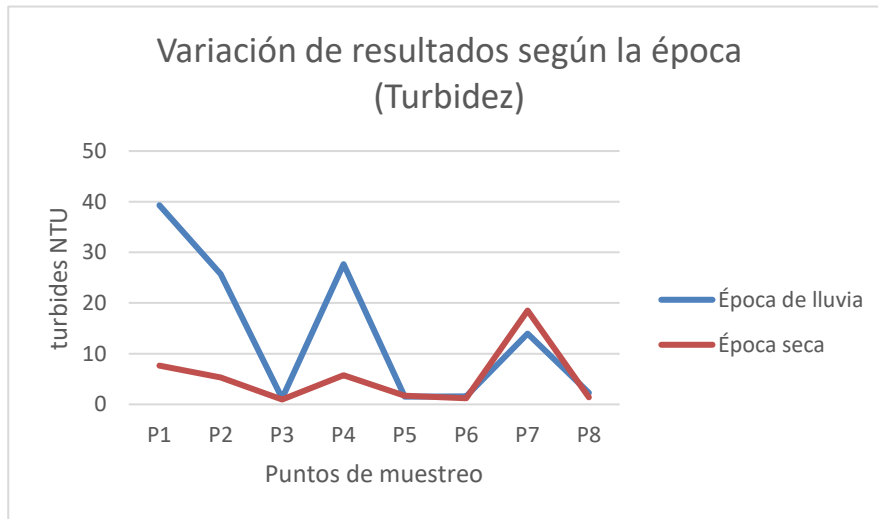
Fuente: Brandon Cisneros

Tabla 13. Resumen de los resultados por épocas

P U N T O S	Parámetros															
	Turbidez		Color		Cloro libre residual			Cobre		Fluoruro			Nitritos		Nitratos	Coliformes fecales
	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca	Época de lluvia	Época seca
P1	39,3	7,623	293,5	57,42	0,15	0,056	0,165	0,044	0	0,014	0,01	0,006	2,6	2,433	1	1
P2	25,7	5,297	265	54,5	0,17	0,044	0,06	0,034	0	0,231	0,0045	0,005	1,4	2,317	1	1
P3	1,19	0,959	18,5	10,58	0,01	0,024	0,065	0,154	0,065	0,063	0,006	0,004	2,4	1,767	1	1
P4	27,7	5,74	217	43,08	0,2	0,058	0,065	0,034	0	0,047	0,0035	0,003	1,75	1,708	1	1
P5	1,55	1,718	33,5	16,67	0,015	0,028	0,11	0,033	0,02	0,074	0,004	0,005	8,95	4,183	1	1
P6	1,595	1,207	36,5	11,67	0,02	0,038	0,025	0,026	0,015	0,071	0,0015	0,004	4,4	2,3	1	1
P7	13,95	18,518	172	145,8 3	0,04	0,048	0,025	0,026	0,09	0,078	0,0005	0,003	1,35	2,467	1	1
P8	2,28	1,363	36,5	14,92	0,035	0,03	0,035	0,041	0,025	0,083	0,0025	0,004	2,2	2,475	1	1

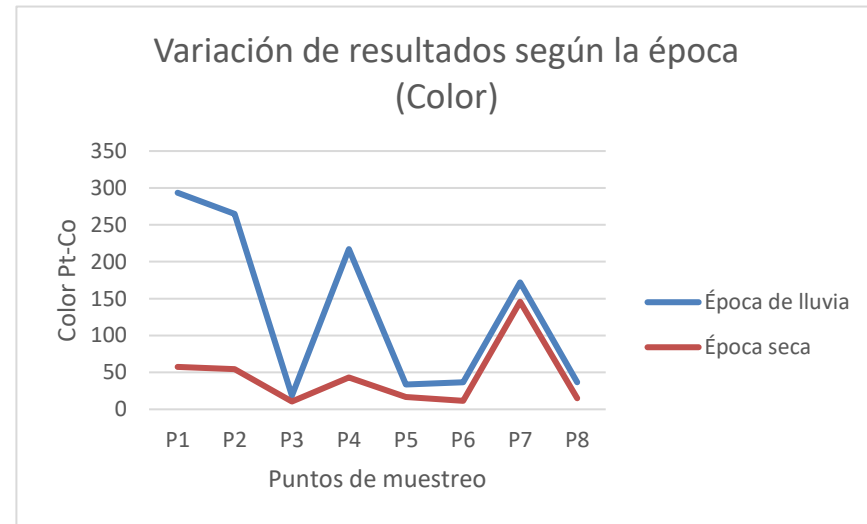
Fuente: Brandon Cisneros

Figura 12. Variación de resultados turbidez



Autor: Brandon Cisneros

Figura 13. Variación de resultados Color



Autor: Brandon Cisneros

3. Medidas de conservación o mitigación del recurso con base en los resultados obtenidos del sistema de distribución

Con base en los resultados de laboratorio obtenidos a lo largo de la investigación, dio como resultados tres problemas en la calidad de agua, ya que en el punto P7 el agua que se distribuye es entubada la turbidez, el color y los coliformes no cumplen con la normativa. Por lo que se propone realizar tratamientos como:

Filtración

Es un tratamiento recomendado para la remoción de la turbidez en el agua, teniendo en cuenta el costo económico, velocidad y eficiencia del método, se recomienda los filtros de arena ya que es utilizado en el tanque del sector el Batán obteniendo buenos resultados.

Desinfección

El método que se debe implementar en estos tanques es la cloración mediante pastillas, es un método que no excede en costos económicos y actúa de manera rápida para que la distribución sea efectiva y no necesita de un constante monitoreo.

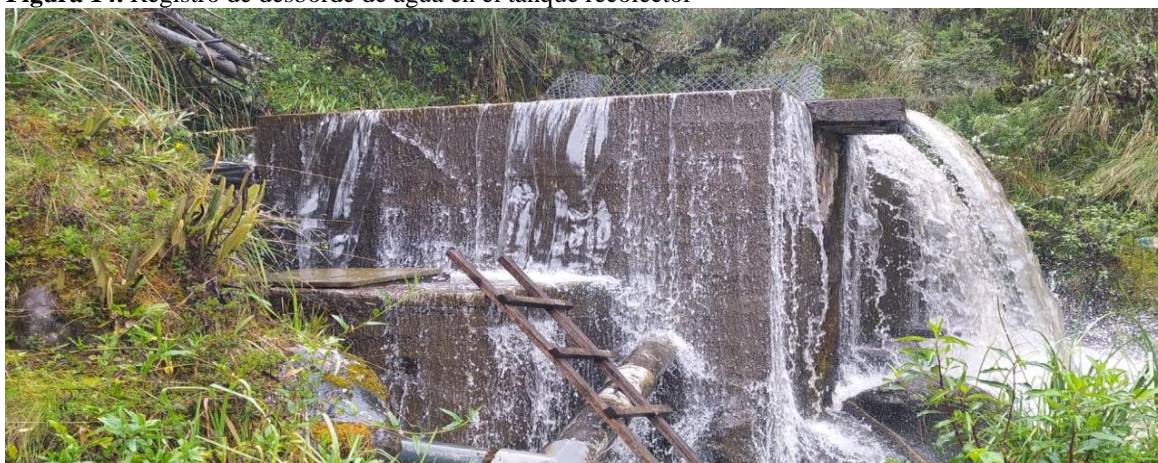
Planta de tratamiento y tanques de almacenamiento

Se debe aumentar la cantidad de cloro que se proporciona al tratamiento, además, hacer controles periódicos mediante análisis de cloro residual para mantener el parámetro dentro del rango de 0,3 a 1,5.

Épocas de lluvia (para todo el sistema)

Se debe tener en cuenta que el caudal con el que trabaja la planta de tratamiento es de 47 L/s, mientras que en época de lluvia este caudal es superado con facilidad llegando a saturar el tanque de captación (*Figura 14*) y alterar su distribución, por lo que en la planta los tratamientos que se dan no se cumplen al 100% y el agua llega de manera turbia.

Figura 14. Registro de desborde de agua en el tanque recolector



Autor: Brandon Cisneros

Se podría implementar un desfogue de agua previo al ingreso al tanque recolector, lo cual reduciría el ingreso de sedimentos que son llevados desde la captación para que la planta de tratamiento tenga un óptimo funcionamiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron realizar un diagnóstico de la red de distribución, la caracterización del agua potable para determinar la calidad de la misma en el sector urbano del cantón Chambo y la propuesta de medidas para conservar o mitigar el recuso en el sistema de distribución.

1. Durante el proceso de diagnóstico de la red de agua potable del cantón Chambo, se ha observado una notable carencia de información por parte de las autoridades responsables, lo cual impide llevar a cabo un análisis exhaustivo de la situación actual de la red. En consecuencia, se puede concluir que la red de abastecimiento presenta diversas deficiencias en su funcionamiento, durante períodos de lluvia, el caudal que llega a la planta de tratamiento del cantón Chambo excede los límites admisibles establecidos, lo que compromete la efectividad de los procesos de tratamiento en dicha planta. Esta situación aumenta el riesgo de que el agua suministrada no cumpla con los parámetros de calidad, como la turbidez y el color, los cuales son criterios establecidos en la normativa correspondiente.
2. Con los resultados de los análisis de laboratorio se puede concluir que el agua de consumo del cantón Chambo en los parámetros de Cloro libre residual y coliformes no cumplen con la normativa debido al deficiente tratamiento de desinfección que se le da al agua, mientras que los parámetros restantes están dentro del límite permisible.
3. En la actualidad, en el cantón Chambo aún persisten sectores que carecen de acceso a agua potable, siendo abastecidos por agua entubada que no recibe ningún tipo de tratamiento, teniendo en cuenta que el agua entubada cumple con los parámetros químicos de calidad de agua que dice la normativa, por lo que se debe implementar los tratamientos de desinfección y filtración.
4. En época de lluvia, las estructuras destinadas al almacenamiento del agua procedente de la captación y de las derivaciones de la tubería de conducción principal no cuentan con la capacidad adecuada para almacenar el recurso. Esto afecta la eficacia de los tratamientos en la planta y en los tanques de almacenamiento conectados a las derivaciones de la tubería principal.
5. Tras realizar la visita de campo en época de lluvias al tanque recolector, se evidencio que este no cuenta con la capacidad suficiente para almacenar el caudal de agua durante los picos de precipitación. Además, el filtro empleado en el tanque no logra retener los sedimentos arrastrados por el agua, los cuales terminan ingresando a la planta de tratamiento.

6. Durante épocas de lluvia, el caudal que llega a la planta de tratamiento excede su capacidad debido a la poca retención de sedimentos en el tanque recolector. Esto compromete la eficiencia de los procesos de desinfección y filtración, resultando en que, al suministrar el recurso los parámetros físicos de turbidez y color no cumplan con la normativa. Como consecuencia, los usuarios expresan su inconformidad debido a la calidad del agua suministrada.

RECOMENDACIONES

- Realizar evaluaciones periódicas de la calidad del agua, que involucren pruebas específicas para identificar la existencia de agentes contaminantes, que garanticen el cumplimiento de los niveles de calidad y faciliten la detección oportuna de cualquier elemento contaminante.
- Se debe garantizar que las tuberías y demás elementos de la infraestructura de suministro de agua estén en óptimas condiciones, caso contrario se debe realizar un mantenimiento periódico, para prevenir la contaminación y asegurar un abastecimiento de agua en óptimas condiciones.
- Los resultados obtenidos en la presente investigación sirven de base para proporcionar un punto de partida para la formulación de estrategias innovadoras y promover la investigación en este tema por parte de otros investigadores en distintos contextos y áreas del cantón Chambo, con el objetivo de mejorar la gestión pública de la calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Afan, K. (2018). Determinación por absorción atómica de plomo y arsénico en agua potable de viviendas del distrito Hualgayoc, Cajamarca – octubre 2017. In *[Tesis Pregrado]*, Universidad Norbert Wiener. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/xmlui/handle/123456789/1853>
- Aguilar, O. (2018). Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay 2017. In *[Tesis Pregrado]*, Universidad Tecnológica de los Andes.
- Álava, L., Marin, L., & Gallo, N. (2021). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador). *Dominio de Las Ciencias*, 7(4), 625–648. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383784>
- Arce, K., Sánchez, R., Centeno, J., Marín, R., & Rodríguez, J. (2022). Surface water quality and socio-environmental pressures in the upper microbasin of the Poás river. *Uniciencia*, 36(1), 1–23. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Baldeón, J. (2018). Control de la calidad del agua para consumo humano a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la parroquia san Andrés, Chimborazo, para una gestión sanitaria eficiente. In *[Tesis Posgrado]*, Universidad Internacional SEK. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3%0Aht>
- Cabrera, A. (2019). Valoración y optimización de la dosificación de cloro en la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Chota. *[Tesis Pregrado]*, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 1–79. [https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893BANCES PISCOYA-ROJAS PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/5092/BC-3893BANCES%20PISCOYA-ROJAS%20PUICON.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Cabrera, A., & Gallardo, L. (2022). Análisis de la calidad del agua para consumo humano del sector La Perla Escondida, provincia de Jaén. In *[Tesis Pregrado]*, Universidad Nacional de Jaen.
- Calderon, A., & Barcena, M. (2023). Calidad de agua para el consumo humano y percepción local de la población de la microcuenca de Palccaro, distrito de Tambobamba, región Apurímac, 2022. In *[Tesis Posgrado]*, Universidad Continental.
- Castro, J. (2023). Caracterización de la curva de consumo diario de agua potable en la parroquia rural Quinchicoto cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua. In *[Tesis Pregrado]*, Universidad Técnica de Ambato.
- Chaluisa, D., & Pacheco, M. (2024). Evaluación del tratamiento de agua de consumo humano del barrio Zumbalica, ubicado en el cantón Latacunga provincia de Cotopaxi. In *[Tesis Pregrado]*, Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- Chamba, K., & Guallasamin, S. (2015). Estudio de la disponibilidad y calidad del agua de consumo humano a través del monitoreo de caudales y análisis de los parámetros

- físicos, químicos y microbiológicos en la zona Pesillo - Imbabura. In *[Tesis Pregrado]*, *Universidad Politecnica Salesiana-Sede Quito*. <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Cobeña, G., & González, C. (2020). Analisis de la contaminación del agua e incidencia por consumo en la salud de la población del sitio río Santo parroquia Ricaurte del canton Chone, año 2017. *CLAUSTRO*, 3(5), 2737–6478.
- Cobeña, K. (2020). Estudio de los factores que afectan la calidad del agua de la planta de tratamiento ubicada en “Las Palmas”, para el consumo humano de la población del cantón Mocache, provincia de Los Ríos y la vulnerabilidad frente al Cambio Climático, en el periodo com. In *[Tesis Posgrado]*, *Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador*.
- Constitución de La Republica de Ecuador, Registro Oficial 449 del 20-Oct-2008 1 (2008). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Donoso, R., & Cortés, S. (2018). Exposición a nitratos en agua y su relación con disfunción de la glándula tiroides: revisión sistemática ¿Existen riesgos para la salud de la población? *Revista Médica de Chile*, 146(2), 223–231. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000200223>
- Fernández, K., & Mera, C. (2024). Rediseño de red de conducción y distribución de agua potable para la comunidad de Molobog Grande comuna Buena Esperanza. In *[Tesis Pregrado]*, *Universidad Politécnica Salesiana-SEde Cuenca*.
- García, J., Osorio, M., Saquicela, R., & Cadme, M. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería Del Agua*, 25(2), 115–126. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- Guarderas, E., & Chafloque, K. (2021). Análisis de la Calidad del Agua para proponer un programa de Limpieza y Desinfección municipal para uso y consumo humano en pozos de abastecimiento del Distrito Santiago de Chuco, 2020. In *[Tesis Posgrado]*, *Universidad Privada del Norte*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.255>
- Helen, A. (2018). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local en la población de la localidad de San Antonio de Rancas, del distrito de Simón Bolívar, provincia y región Pasco- 2018. In *[Tesis Pregrado]*, *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/428/1/T026_70776177_T.pdf
- Hernández, C. (2016). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora , en la Comunidad de 4 Millas de Matina , Limón. In *[Tesis Pregrado]*, *Universidad Nacional*.
- Herrera, L., & Quisaguano, K. (2019). Evaluación de la calidad del agua del sistema de abastecimiento y conducción de la junta administradora de agua potable de Tambillo. In *[Tesis Pregrado]*, *Escuela Politécnica Nacional*.
- Hoyos, R. (2020). Validación de un método analítico para la determinación de nitritos y nitratos en agua potable, natural y residual por espectrometría UV-VIS. In *[Tesis Pregrado]*, *Universidad de Córdoba*.
- INEN 1108. (2020). *Norma técnica ecuatoriana. Agua para consumo humano. Requisitos*. 1–14.
- Intriago, M., & Mendoza, P. (2021). Influencia de la calidad de agua de consumo humano y

- la salud de la población de la ciudadela “La Filomena” de la cabecera cantonal de Jama provincia Manabí. In *[Tesis Pregrado], Escuela Superior Politécnica de Manabí*.
- Jaramillo, A., & Molano, J. (2022). Evaluación del efecto de desinfectantes en la disminución de biopelícula en las redes de distribución de agua potable en el municipio el Rosal. In *[Tesis Pregrado], Fundación Universidda de América*. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9042/1/6171073-2022-2-IQ.pdf>
- León, A., Díaz, R., Acosta, J., & Checa, M. (2023). Implementación de prototipo de medición del consumo de agua potable mediante utilización de tecnologías inteligentes en la parroquia Julio Andrade, Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 15(S2), 381–388.
- Mancheno, G., & Ramos, C. (2015). Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del cantón Urcuquí, provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí. In *[Tesis Pregrado], Escuela Politécnica Nacional*.
- Moreno, A. (2017). Análisis de las transiciones de los cambios de uso y cobertura del suelo mediante técnicas estadísticas y sistemas de información geográfica de los años (2001-2016) en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo. In *[Tesis Pregrado], Universidad Nacional de Chimborazo*.
- Ñahui, D. (2023). Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica - 2023. In *[Tesis Posgrado], Universidad Continental*.
- Pérez, M. (2021). Determinación de la calidad de agua para consumo humano en el valle de Victor, Arequipa durante los meses de agosto-octubre del 2019. In *[Tesis Posgrado], Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12865/BIpedimm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ponce, L. (2019). Estudio exploratorio de la Calidad de Agua del Sistema de Riego Chambo – Guano de la Provincia de Chimborazo. *[Tesis Posgrado], Universidad Nacional de Chimborazo*, 87.
- Rodríguez, P., Garcés, L., Valencia, J., & Benjumea, M. (2022). Calidad del servicio de agua potable para habitantes de Medellín (Colombia): aproximación desde modelos de calidad de servicio. *Información Tecnológica*, 33(3), 89–96. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000300089>
- Romero, J. (2022). Análisis de la calidad de agua para consumo humano y percepción local en la población de la ciudad de Naranjillo, distrito Luyando – Leoncio Prado. In *[Tesis Pregrado], Universidad Nacional Agraria de la Selva*. https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1669/TS_BGJ_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Salazar, C. (2020). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano de la laguna de Punrun- provincia de Pasco-2019. In *[Tesis Pregrado], Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
- Zanafria, K. (2018). Diseño de un sistema piloto de tratamiento de agua potable para la reducción de plomo en la población de Limoncocha. In *[Tesis Posgrado], Universidad Internacional SEK*.

ANEXOS

Anexo 1: Fotografías de las muestras en el sector urbano del Cantón Chambo



