Pontificia Universidad Católica Del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES
(ECAA)

TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA:

“Propuesta para mejorar la calidad del agua de consumo humano de la Junta de Agua de Cuicocha del Cantón Cotacachi**”**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y ECODESARROLLO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

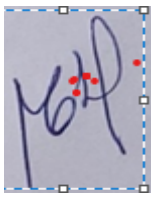
Línea 2: Ambiente Y Biodiversidad

AUTOR: JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ

ASESOR: Phd. RUBÉN DEL TORO DÉNIZ

Ibarra, Marzo de 2023

Ibarra, 1 de marzo del 2023

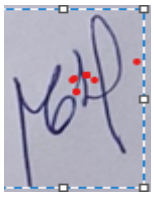


PhD. Rubén del Toro Déniz

ASESOR DEL PROYECTO DE GRADO

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



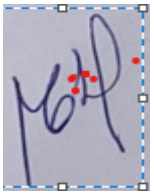
(f)……...

PhD. Rubén del Toro Déniz

C.C: 175754447-1

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f): …….

PhD. Rubén del Toro Déniz

ASESOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 175754447-1



(f): ……

Msc. Moraima Mera

LECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 100174372-1



(f): ……..

PhD. Lennys Berutti

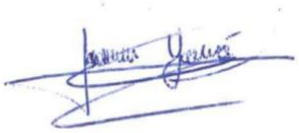
LECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

C.C: 175728998-6

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ, declaro conocer y aceptar la disposición del Art.165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: "Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia"

Ibarra, 1 de Marzo del 2023



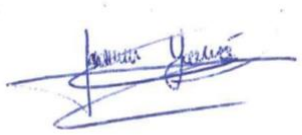
(f): ……

JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ

C.C: 100362865-6

AUTORÍA

Yo, JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ, portador de la cédula de ciudadanía N° 100362865-6, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



(f)……..

JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ

C.C: 100362865-6

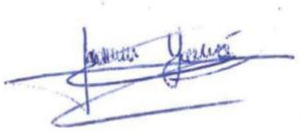
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo: JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ, con CC: 100362865-6, autor del trabajo de grado intitulado "PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA DE AGUA CUICOCHA DEL CANTÓN COTACACHI" previo a la obtención del título profesional de "Ingeniero en Ciencias Ambientales y Ecodesarrollo", en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede – Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la ley Orgánica de Ecuador Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE SI el referido trabajo de graduación. Respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 1 de Marzo del 2023



(f)……..

JONATHAN JAVIER YAMÁ POTOSÍ

C.C. 100362865-6

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación se lo dedico con mucho amor a mi familia ya que siempre estuvo apoyándome a seguir adelante con mis estudios, en especial a mi padre y a mi madre por el sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A mis compañeros de clase y docentes que de una u otra manera han ayudado a la formación en esta carrera y en mi formación personal.

Jonathan Javier Yamá Potosí

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por todas bendiciones, agradezco a mis padres, mi hermano y de más familiares que de una u otra forma estuvieron apoyándome a lo largo de mi carrera, agradezco a mis compañeros de clases y profesores que me ayudaron y enseñaron todo lo aprendido para salir adelante con mi profesión, agradezco a mi tutor el Dr. Rubén del Toro por la paciencia y su guía para poder realizar este trabajo de titulación y un agradecimiento muy especial a dos personas que bueno ya no están en mi vida, uno ya no está entre nosotros pero sé que nos cuida y mientras estaba con nosotros siempre nos apoyaba nos daba ánimos para poder seguir y bueno la otra persona desde que estuvo a mi lado siempre estuvo ahí para mí apoyándome, creyendo en mí, dándome ánimos, siéndome mi apoyo incondicional sin pedir nada a cambio, gracias a todos bendiciones.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS iv
AUTORÍA v
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN vi
DEDICATORIA vii
AGRADECIMIENTO viii
INDICE DE TABLAS xii
INDICE DE FIGURAS xiii
RESUMEN 1
ABSTRACT 2
CAPÍTULO I 3
INTRODUCCIÓN 3
CAPÍTULO II 4
OBJETIVOS 4
2.1 Objetivo General 4
2.2 Objetivos Específicos: 4
2.3 Hipótesis 4
CAPÍTULO III 5
ESTADO DEL ARTE 5
3.1 Marco Legal 5
3.1.1 Ley Orgánica de Recurso Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua 2015. 5
3.2 El agua 9
3.3 Ciclo Hidrológico 9
3.3.1 Fases del ciclo hidrológico 9
3.3.1.1. Evaporación 10
3.3.1.2. Condensación 11
3.3.1.3. Precipitación 12
3.3.1.4. Infiltración 12
3.3.1.5. Escorrentía superficial 13

3.3.1.6. Percolación 13
3.3.1.7. Evapotranspiración 13
3.3.1.8. Retención 14
3.4 Importancia del agua 15
3.5 Fuentes de agua en la naturaleza 16
3.5.1 Fuentes superficiales 16
3.5.2 Fuentes subterráneas 16
3.5.3 Agua lluvia 17
3.6 Contaminación del agua 17
3.7 Enfermedades producidas por la contaminación de agua 18
3.8 Agua Potable 20
3.9 Agua de consumo humano 22
3.10 Cloración del agua 23
3.10.1 Utilidad del cloro en el agua 23
3.10.2 Evaluación de la cantidad de cloro en el agua 23
3.10.2.1 Cloro libre residual 23
3.10.2.2 Utilidad del cloro libre residual 24
3.11 Calidad del agua 24
3.11.1 Propiedades organolépticas 24
3.11.2 Parámetros físicos 25
3.11.3 Parámetros químicos 26
3.11.4 Parámetros biológicos 27
3.11.5 Parámetros microbiológicos 27
3.12 Recuento de microorganismos sobre medios de cultivo 28
3.13 Selección del volumen a filtrar – dilución de la muestra 28
3.14 Indicadores biológicos de la calidad de agua 31
3.14.1 Macroinvertebrados acuáticos 31
3.15 Propiedades hidráulicas de las rocas 31
CAPÍTULO IV 33
MATERIALES Y MÉTODOS 33
4.1 Metodología 33
4.1.1 Diagnóstico del Área de estudio de la Comunidad de Cuicocha 33
4.2 Materiales 34

4.2.1 Insumos 34
4.2.2 Recursos Materiales 34
4.2.3 Recursos humanos 34
4.3 Métodos 34
4.3.1 Etapa de Campo 35
4.3.2 Análisis físico – químicos y bacteriológico 35
4.4 Etapa Técnica 36
4.4.1 Ubicación 36
4.4.2 Determinación y frecuencia de los puntos de muestreo 36
4.4.3 Toma y registro de muestras 37
4.4.4 Etapa de análisis 38
4.4.4.1 pH 38
4.4.4.2 Conductividad Eléctrica 39
4.4.4.3 Turbidez 39
4.4.4.4 Solidos Totales 40
4.4.4.5 Dureza Total 40
4.4.4.6 Calcio 41
4.4.4.7 Magnesio 41
4.4.4.8 Nitritos 41
4.4.4.9 Nitratos 41
4.4.4.10 Sulfatos 41
4.4.4.11 Cloro residual 42
4.4.4.12 D.Q. O 42
4.4.4.13 *E. Coli* y Coliformes Totales por el método de Petrifilm 42
4.5 Análisis Estadístico 43
CAPÍTULO V 44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44
5.1 Diagnóstico del Cantón Cotacachi 44
5.2 Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos 44
5.3 Plan de monitoreo y muestreo 59
CAPÍTULO VI 65
CONCLUSIONES RECOMENDACIONES 65
6.1 Conclusiones 65

6.2 Recomendaciones 66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Enfermedades y síntomas causados por bacterias 19
Tabla 2 Enfermedades y síntomas causados por protozoos.....20
Tabla 3 Volúmenes de muestras orientativos 29
Tabla 4 Microorganismos y colonias/membranas 30
Tabla 5 Diagnóstico del Cantón Cotacachi.....44
Tabla 6 Parámetros físico, químicos y microbiológicos mínimos a realizarse en la Junta de Aguas de la comunidad de Cuicocha 60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fases del ciclo de agua 10
Figura 2 Recolección de la muestra 37
Figura 3 Análisis de la muestra recolectada (pH) 38
Figura 4 Análisis de la muestra recolectada (Conductividad Eléctrica) 39
Figura 5 Análisis de la muestra recolectada (Turbidez) 40
Figura 6 Análisis de la muestra recolectada (E. Coli y Coliformes Totales 42
Figura 7 Valoración del pH 44
Figura 8 Valoración de la Conductividad Eléctrica 45
Figura 9 Valoración de la Turbidez 46
Figura 10 Valoración de los Sólidos Totales 47
Figura 11 Valoración de la Dureza Total 48
Figura 12 Valoración de Calcio 49
Figura 13 Valoración de Magnesio 50
Figura 14 Valoración de Nitritos 51
Figura 15 Valoración de Nitratos 52
Figura 16 Valoración de Sulfatos 53
Figura 17 Valoración de Cloro Residual 54
Figura 18 Valoración de Oxígeno Disuelto 55
Figura 19 Valoración de D.Q.O. 56
Figura 20 Valoración de E. Coli 57
Figura 21 Valoración de Coliformes Totales 58

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en la necesidad de la comunidad de Cuicocha que por medio de la organización UNIÓN DE ORGANIZACIONES CAMPESINAS INDÍGENAS DE COTACACHI (UNORCAC) solicita mediante el oficio se realice el monitoreo de sus fuentes de agua para consumo humano, por lo que se plantea el tema de investigación, "PROPUESTA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA JUNTA DE AGUA CUICOCHA DEL CANTÓN COTACACHI" con el fin de evaluar la calidad del agua de consumo humano y realizar una propuesta de mejoramiento los procedimientos empleados en el análisis de agua parten desde la recolección de muestras en las diferentes fuentes, cumpliendo con los protocolos de monitoreo de aguas de consumo humano para análisis físico – químicos y microbiológicos como son: conductividad eléctrica, pH, Turbidez, cloro residual, mediante el equipo de monitoreo in situ y sólidos totales, dureza total, calcio, magnesio, nitritos, nitratos, DQO, sulfatos, coliformes totales en laboratorio, una vez determinadas las características físico químicas y biológicas del agua procedimos a compararlos con la norma vigente TULSMA libro VI anexo 1, del registro oficial N°387, acuerdo ministerial 097A. 2015, concluyendo que los valores de los parámetros analizados cumplen con la normativa actual, como resultado final se obtuvo una propuesta de monitoreo, evaluación y seguimiento de la calidad de agua, este trabajo de investigación facilitara tener datos periódicos del agua de consumo, los que permitirán establecer posibles tratamientos para el mejoramiento y uso adecuado de este recurso, garantizando el bienestar de las personas de la comunidad y de sus generaciones venideras.

PALABRAS CLAVE: *Análisis, mejoramiento, microbiológicos, monitoreo, Cuicocha.*

ABSTRACT

This research is based on the need of the community of Cuicocha that through the organization UNIÓN DE ORGANIZACIONES CAMPESINAS INDÍGENAS DE COTACACHI (UNORCAC) requests through the office to monitor their water sources for human consumption, Therefore, the research topic "PROPOSAL TO IMPROVE THE QUALITY OF WATER FOR HUMAN CONSUMPTION OF THE CUICOCHA WATER BOARD OF THE CANTON COTACACHI" was proposed in order to evaluate the quality of water for human consumption and make a proposal for improvement. The procedures used in the water analysis start with the collection of samples from different sources, complying with the protocols for monitoring drinking water for physical-chemical and microbiological analysis such as: electrical conductivity, pH, turbidity, residual chlorine, using on-site monitoring equipment, and total solids, total hardness, calcium, magnesium, nitrites, nitrates, COD, sulfates, and total coliforms in the laboratory. Once the physical-chemical and biological characteristics of the water were determined we proceeded to compare them with the current standard TULSMA book VI annex 1, of the official registry N°387, ministerial agreement 097A. 2015, concluding that the values of the parameters analyzed comply with current regulations. As a final result, a proposal for monitoring, evaluation and follow-up of water quality was obtained. This research work will facilitate having periodic data on water consumption, which will allow establishing possible treatments for the improvement and proper use of this resource, ensuring the welfare of the people of the community and its future generations.

KEY WORDS: *Analysis, improvement, microbiological, Cuicocha.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En América Latina aproximadamente el 40% de la población rural no tiene acceso a un agua de calidad para consumo humano, uso doméstico e higiene. En otro punto, se ha comprobado que las enfermedades producidas por el agua de mala calidad como la hepatitis, gastroenteritis, el cólera, se encuentran entre las principales causas de muerte en América Latina (Aurazo, 2014). En el mundo las investigaciones sobre la calidad físico química y microbiológica del agua para consumo humano, agua potable y agua subterránea, son muchos ya que se trata del líquido vital para el desarrollo de la sociedad (Sanchez, 2012).

En el cantón Cotacachi, desde el año de 1998, se ha dado una gran importancia a la inversión de agua apta para el consumo humano. Pero por lo retirado la población y la falta del recurso económico, el servicio de agua idónea para consumo humano en las comunidades rurales tiene un fuerte déficit. El Censo que realizó la Unión de Organizaciones Campesinas de Cotacachi (UNORCAC) en el año 2005 en el mes de diciembre indica que, de 20 sistemas de agua para consumo humano, que comprende a 3.081 familias, con 16.308 personas, ni un sistema tenía agua apta para el consumo humano, pese a que el 40% tenían clorificadores que, por inconvenientes de administración, operación y mantenimiento, no funcionaban. En este contexto la comunidad de Cuicocha el sistema de distribución de agua para consumo humano fue construido por los mismos pobladores mediante mingas, con el apoyo económico y técnico de proyectos estatales implementados en la zona. Sin embargo, no se han realizado planes de monitoreo, seguimiento o mejoramiento de la calidad de agua de consumo humano.

Por ello es importante que se generen planes de monitoreo, seguimiento y mejora de calidad de agua, siendo este el principal objetivo de la presente investigación. Dentro de estos planes se incluirá socializaciones, sobre posibles enfermedades que surgen por el consumo de aguas contaminadas, calidad de agua y los beneficios de la cloración del agua a la comunidad en general, dentro de la idea que el adecuado manejo de los recursos hídricos es responsabilidad de todos y que para alcanzar la reducción de enfermedades por la mala calidad del agua para consumo humano, no es suficiente mejorar la eficacia de los sistemas si no también hacer énfasis en la sensibilización y concientización comunitaria de hábito higiénico sanitario adecuado.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua de consumo humano y realizar una propuesta de monitoreo para la misma

2.2 Objetivos Específicos:

- Realizar el plan de monitoreo y muestreo de la fuente de abastecimiento de agua de las comunidades de la Junta de Agua Cuicocha.
- Determinar la calidad de agua de consumo humano mediante la caracterización de los parámetros físico – químicos, microbiológicos.
- Realizar una propuesta para mejorar la calidad de agua de consumo.

2.3 Hipótesis

Con los análisis físico – químicos y microbiológicos se determinará la calidad del agua y el cumplimiento con la norma para agua de consumo humano?.

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Marco Legal

El marco legal hace referencia a todas las leyes y ordenanzas establecidas por los Gobiernos Seccionales, que tengan una relación con los Recursos Naturales; principalmente sobre el Recurso Hídrico.

3.1.1 Ley Orgánica de Recurso Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua 2015.

Capítulo II

INSTITUCIONALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Art.15.- Sistema nacional estratégico del agua. Créase el sistema nacional estratégico del agua, que constituye el conjunto de procesos, entidades e instrumentos que permiten la interacción de los diferentes actores, sociales e institucionales para organizar y coordinar la gestión integral e integrada de los recursos hídricos.

Art.17.- La Autoridad Única del Agua. Es la entidad que dirige el sistema nacional estratégico del agua, es persona jurídica de derecho público. Su titular será designado por el presidente o el presidente de la República y tendrá rango de ministro o ministro de Estado.

Art. 21.- Agencia de Regulación y Control del Agua. - La Agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA), es un organismo de derecho público, de carácter técnico administrativo, adscrito a la Autoridad Única del Agua, con personalidad jurídica, autonomía administrativa y financiera, con patrimonio propio y jurisdicción nacional.

La Agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos hídricos, de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes y zonas de recarga, calidad de los servicios públicos relacionados al sector agua y en todos los usos, aprovechamientos y destinos del agua (Asamblea Nacional, 2014).

Capítulo III

DERECHOS DE LA NATURALEZA

Art. 64.- Conservación del agua. - La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, ¿humedales y manglares;
b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad
c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico
d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación y,
e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.

Art. 65.- Gestión integrada del agua. - Los recursos hídricos serán gestionados de forma integrada e integral, con enfoque ecosistémico que garantice la biodiversidad, la sustentabilidad y su preservación conforme con lo que establezca el Reglamento de esta Ley.

Art. 66.- Restauración y recuperación del agua. - La restauración del agua será independiente de la obligación del Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos afectados por la contaminación de las aguas o que dependan de los ecosistemas alterados. (Asamblea Nacional, 2014).

Capítulo VI
GARANTÍAS PREVENTIVAS
Sección II
OBJETIVOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Art. 79.- Objetivos de prevención y conservación del agua. - La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

a) Garantizar el derecho humano al agua para el buen vivir o sumak kawsay, los derechos reconocidos a la naturaleza y la preservación de todas las formas de vida, ¡en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación;
b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad;
c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, ¡desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
d) ¡Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;
e) Prohibir, prevenir, ¡controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;
f) Garantizar la conservación integral y cuidado de las fuentes de agua delimitadas y el equilibrio del ciclo hidrológico; y,
g) Evitar la degradación de los ecosistemas relacionados al ciclo hidrológico.

Art. 80.- Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sist ema único de Manejo Ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.

Art. 81.- Autorización administrativa de vertidos. La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 82.- Participación y veeduría ciudadana. Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley (Asamblea Nacional, 2014).

1.1.2. Código Orgánico del Ambiente – Criterios de Calidad para aguas de Consumo Humano 2018.

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 la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (Anexo 1. Tabla1) (Sánchez, 2015).

3.2 El agua

El agua es uno de los compuestos vitales en la tierra para el desarrollo de los seres vivos. Es una sustancia química, conformada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno (Helmenstine, 2018). El estado en la que el agua se puede presentar en el entorno está definido por la forma de unión de sus moléculas; líquida en la lluvia, ríos, océanos, etc., en estado sólido en glaciares y nieve, y en estado gaseoso como en las nubes (Discovery, 2015).

En el planeta tierra alrededor del 70% de sus superficies se encuentra cubierta por el agua, de este porcentaje del 96.5% se encuentra en los océanos, el 1.7% en los casquetes polares y glaciares, otro 1.7% en aguas subterráneas; una pequeña porción de éste se contempla en los ríos y lagos, y apenas un 0.001% está en las nubes, en el vapor de agua y en las precipitaciones. El agua dulce presente en la tierra es estimado en un aproximado del 2.5%, del cual el 98.8% conforma el hielo y agua subterránea (Helmenstine, 2018).

3.3 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico es un proceso en el que las masas de agua transforman su estado y su posición, definiendo el movimiento del compuesto en el planeta. Este proceso es constante, siendo así que la molécula desarrolla un ciclo cerrado, dónde pasa por varios estados diferentes con agregación de materia (Bascuñán, 2017).

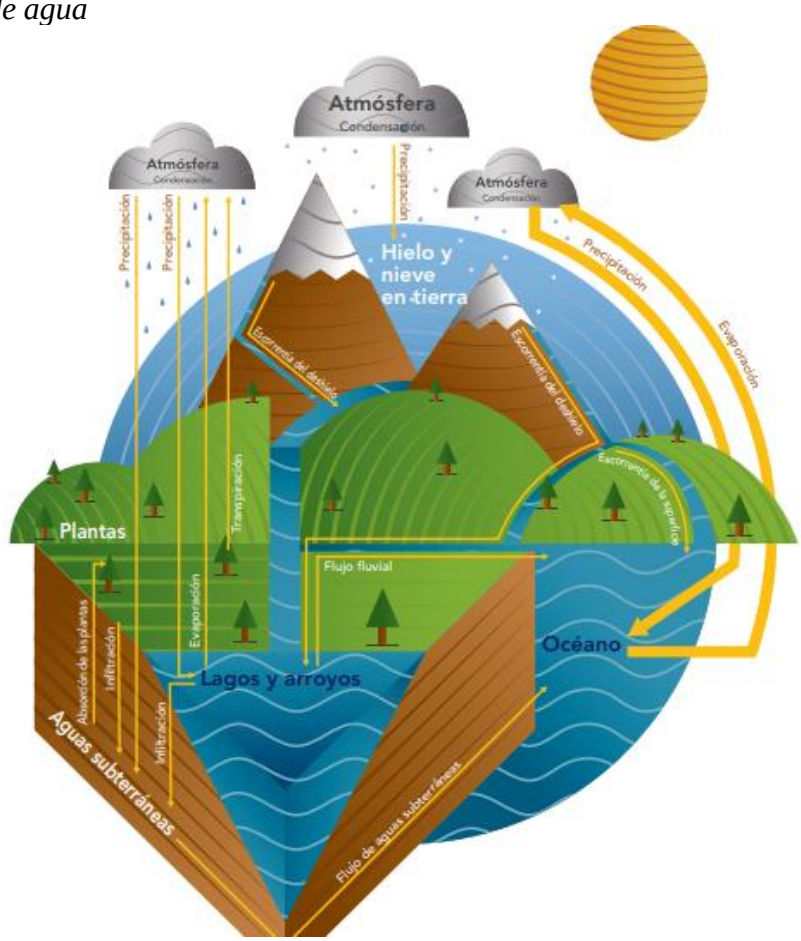
En este proceso se identifican varias rutas complejas dónde el agua parte desde la envoltura gaseosa en torno al planeta (atmósfera) por medio de los cuerpos de agua ubicados en la superficie terrestre como los océanos, lagos, lagunas, ríos, glaciares, etc., así mismo atraviesa por el suelo y las capas bajo la corteza terrestre. Pues de esta manera el agua retorna a la atmósfera. Una de las características principales del ciclo hidrológico es que no se define un principio o un fin (Ehrhardt, 2019).

3.3.1 Fases del ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico presenta las siguientes fases:

Figura 1

Fases del ciclo de agua



Nota. La figura a través de un diseño representa las distintas fases del agua formando así el ciclo del agua. Tomado de Northwest River Forecast Center, 2018.

3.3.1.1. Evaporación

La evaporación es un proceso que se desarrolla cuando el estado físico del agua pasa de líquido a gaseoso. En esta fase participa el factor calor, pues alrededor de 600 calorías de energía por cada gramo de agua, son sustituidas entre sí durante el cambio de estado (Manzur y Cardoso, 2015).

Pues las moléculas de agua obtienen la energía suficiente con la capacidad de liberarse de la superficie de agua hacia la atmósfera. El calor que afecta a la superficie del cuerpo de agua,

permite que la misma se evapore rápidamente, puesto que las moléculas de agua se mueven con rapidez cuando están calientes, dan paso a que más moléculas pueden liberarse de la superficie del agua. Para que suceda la evaporación la humedad de la atmósfera debe ser menor que la superficie de evaporación, en este caso si se presenta un 100% de humedad relativa, la evaporación no se llevaría a cabo (Blanco, 2016).

La radiación solar, la temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y la presión atmosférica son variables que afectan y determinan la cantidad de evaporación natural que se lleva a cabo en cualquier área geográfica de la tierra. El proceso de dicha fase ocurre en las gotas de lluvia y en las superficies abiertas como los mares, lagos, ríos, así también, puede desarrollarse con el agua almacenada en la vegetación, en el suelo y en las rocas, incluso en la nieve (Conserve Future Energy, 2017). Parte del proceso de evaporación es permitida por la acción del hombre y sus distintas actividades, teniendo como referencia que en el caso de las grandes edificaciones que presentan calefacción, la evaporación se da por el agua asentada en la superficie de las misma, pues la humedad evaporada se eleva a la atmósfera en forma de gas o vapor de agua (Manzur y Cardoso, 2015).

3.3.1.2. Condensación

La condensación es un proceso mediante el cual el agua en estado gaseoso o en forma de vapor pasa a un estado líquido. Este vapor de agua se concentra en pequeñas partículas presentes en el aire, de esta manera se forma el rocío, la niebla y las nubes. Esta fase se produce cuando se enfría el aire y aumenta la cantidad de vapor hasta alcanzar el punto de saturación. El vapor de agua al condensarse en un estado líquido, se emite al ambiente la misma cantidad de energía que fue requerida para presentar un estado gaseoso o convertirlo en vapor, en este caso las 600 calorías de energía por gramo de agua (Blanco, 2016).

Cuando el aire alcanza el punto de saturación, éste sufre un proceso de enfriamiento, donde el vapor de agua condensado forma pequeñas gotas de agua líquida; por su tamaño éstas se mantienen retenidas. La condensación de dichas gotas se produce sobre partículas sólidas como los núcleos de condensación; éstos pueden ser partículas arcillosas, granos de polen,

partículas de humos industrial o vehicular, etc., que se presenta en gran cantidad en la atmósfera, transformándose en lo que comúnmente se conoce como polvos atmosféricos (Osuna y otros, 2017).

3.3.1.3. Precipitación

La precipitación es un proceso que se desarrolla cuando todas las formas de partículas de agua caen de la atmósfera y llegan a la superficie terrestre. Esta fase sucede tras la condensación de las partículas de agua que forman las nubes, cuando éstas alcanzan un tamaño mayor a 0.1 mm dan paso a la formación de gotas, ellas caen por la gravedad, esto se llama precipitación. Existe la precipitación en forma de nieve cuando durante el recorrido de la nube al suelo no supera los 0 °C, formando cristales los cuales caen en forma de pellets y a medida que estos precipitan a través del aire se derriten y se transforman en gotas de agua líquida (San Román, 2015).

Tras el proceso de precipitación el compuesto cae en un cuerpo de agua o sobre la superficie de la tierra, dispersándose de varias maneras. Puede adherirse a los objetos que se ubican en la parte superior de la corteza terrestre o puede ser transportada por medio de la tierra a canales de la corriente penetrando el suelo, también puede ser absorbida por materia vegetal (Samaniego, 2015).

3.3.1.4. Infiltración

La infiltración es un proceso físico, el cual conlleva el movimiento del agua por medio de un área límite establecida entre la interacción de la atmósfera y el suelo. Es aquí donde existe una transferencia de agua hacia el suelo y está ligada a la porosidad y permeabilidad del mismo. Generalmente la tasa de infiltración depende del factor de encharcamiento del agua en la parte superior del suelo provocado por el impacto de las gotas de lluvia, la textura, la estructura del suelo y de la humedad inicial del suelo (Blanco, 2016).

El valor de la infiltración no es constante, sin embargo, se estima que al inicio de la precipitación ésta alcanza los valores más altos y disminuye brevemente hasta llegar a un valor

constante definiendo como el más bajo que el inicial. La reducción del valor de infiltración está ligado a la saturación gradual de los poros del suelo o de las rocas, la compactación del suelo especialmente el que presenta cobertura vegetal y el tamaño de las grietas de suelo (Ehrhardt, 2019).

3.3.1.5. Escorrentía superficial

La escorrentía superficial consiste en un flujo que no se ve afectado por derivaciones artificiales o canales de flujo. Dicha escorrentía está compuesta por una parte de la precipitación que cae directamente sobre una corriente y fluye sobre la superficie terrestre y por medio de canales de agua. Una parte de esta corriente irá a los lagos océanos, donde una parte se evapora y otra se infiltra (Mendoza, 2019).

3.3.1.6. Percolación

La percolación es una fase que conlleva el movimiento del agua a través del suelo y de las capas que lo conforman, esto se lleva a cabo gracias a la gravedad y las fuerzas capilares. El agua al encontrarse en varias capas de la tierra presenta una denominación dependiendo de su ubicación; en el caso de que el agua se presente en una zona de aireación se conoce como agua vadosa y el agua que se encuentra en una zona de saturación se conoce como agua subterránea, así el límite que separa estas dos zonas se conoce como nivel freático (Mariñas, 2019).

El agua subterránea presenta la capacidad de retornar a la atmósfera por evapotranspiración, esto sucede cuando el nivel de saturación alcanza la superficie del terreno. Otra manera de retorno es cuando se produce una descarga de las aguas subterráneas, esto engrosa el caudal de los ríos, desembocando directamente en el cauce o por medio de los manantiales, a los océanos o cualquier superficie de agua (Manzur y Cardoso, 2015).

3.3.1.7. Evapotranspiración

La evapotranspiración es un proceso biológico que se lleva a cabo principalmente en el día. El agua retenida en las plantas se transfiere a la atmósfera en forma de vapor por medio de

aberturas individuales. Se presenta una transpiración en las plantas que permite el movimiento de los nutrientes hacia la parte superior de la planta y para que las hojas se enfríen cuando están expuestas al sol (San Román, 2015).

El agua puede ser transpirada libremente por las plantas, hasta alcanzar un punto de déficit de agua en la misma, dónde las células liberadoras de agua empiezan a cerrarse, sin embargo, la transpiración continua de forma lenta. La evapotranspiración se expresa en mm por unidad de tiempo, siendo así que es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo con cobertura vegetal en óptimas condiciones (Rodríguez et al., 2015).

3.3.1.8. Retención

El proceso de retención o almacenamiento consta de tres ubicaciones básicas. En la atmósfera; cuando el agua está retenida en la superficie de la tierra y en el suelo. Así mismo el agua que se encuentra en la atmósfera puede moverse con rapidez de una parte del planeta a otra por varios factores climatológicos (Pachés, 2019).

La retención que se produce en la superficie terrestre y debajo del suelo está ligada en gran parte a las características geológicas en cuestión al tipo de suelo y rocas. Los cuerpos de agua superficiales como océanos, lagos, ríos, etc., se convierten en un medio de retención o almacenamiento, así también los acuíferos y grietas rocosas en un medio subterráneo (Manzur y Cardoso, 2015).

3.3.1.9. Balance Hídrico

El balance hídrico es un concepto que determina la equidad de todos los recursos hídricos, permitiendo realizar una evaluación de carácter cuantitativo del recurso agua y las distintas modificaciones que sufre a causa de las actividades antropogénicas. El estudio sobre un balance hídrico es fundamental para obtener información sobre el uso racional del recurso en un espacio y tiempo determinado (Díaz y Alarcón, 2018).

Realiza una comparación entre los aportes y pérdidas de agua del lugar en estudio. Tomando en cuenta también la constitución de reservas y extracciones sobre las mismas. La mayoría de las aportaciones son gracias a las precipitaciones y a la evapotranspiración. El balance hídrico evalúa dos magnitudes que son la cantidad de agua por unidad de superficie determinado como la altura (mm), así se calcula comparando su diferencia como las precipitaciones menos la evaporación o con su relación de precipitaciones sobre evaporación (González et al., 2015).

Para efectuar el estudio del balance hídrico se aplica la siguiente fórmula:

$$\mathbf{P = E + R + G + S}$$

Dónde:

P = Precipitación.

E = Evaporación.

R = Escurrimiento Superficial.

G = Escurrimiento subterráneo.

S = Cambio Global en el almacenamiento.

3.4 Importancia del agua

El agua al ser uno de los elementos más primordiales en la naturaleza, es fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta tierra, pues es un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que aseguran la permanencia de todos los seres vivos. Se define como el fundamento de la vida, pues es un recurso clave para la humanidad y el resto de seres vivos, catalogando como un bien de primera necesidad para el funcionamiento del entorno de plantas, animales, microorganismos y el hombre (Paredes, 2013).

Kofi Annan, ex secretario general de las Naciones Unidas, menciona que a pesar de que el agua es esencial para la vida, muchos millones de personas alrededor del mundo no tienen acceso a ella, haciéndolo un recurso muy escaso en ciertas zonas. Por tal motivo existen luchas diarias para conseguir dicho recurso y que satisfaga sus necesidades básicas. En los últimos años millones de niños mueren a causa de enfermedades transmitidas por el agua insalubre, así también las catástrofes naturales relacionadas con el agua cobran un sinnúmero de vidas, como

las inundaciones, las tormentas tropicales y tsunamis. La sequía periódica es otro factor que afecta principalmente a los países más pobres agudizando el hambre y la desnutrición. Por tal motivo se han desarrollado objetivos para proporcionar el acceso al agua y a los servicios de saneamiento con la finalidad de mitigar la pobreza, el hambre, la reducción de mortalidad, la igualdad de géneros, generar más oportunidad de educación y sustentabilidad del medio ambiente (Camacho, 2020).

3.5 Fuentes de agua en la naturaleza

El agua al ser uno de los recursos más importantes para garantizar la vida en el planeta, cuenta con varias fuentes de origen natural para el abastecimiento de la misma hacia los seres vivos. Dentro de las principales fuentes naturales se encuentran:

3.5.1 Fuentes superficiales

Las aguas superficiales están conformadas por los ríos, lagos, lagunas, embalses, arroyos, etc.; cuerpos de agua que fluyen de manera natural en la superficie terrestre. Estas fuentes no son tan deseables, principalmente si a su alrededor existen zonas pobladas y de pastoreo animal (Gil et al., 2018).

Es posible diferenciar dos tipos de aguas superficiales: Aguas lóticas o corrientes, que son aquellas masas de agua que presentan un movimiento en la misma dirección, en esta clasificación se ubican los ríos, manantiales, riachuelos, arroyos, etc. Así también existen las aguas lentas, que son aquellas aguas interiores que se presentan en un estado de estancamiento, teniendo como referencia las lagunas, los lagos, pantanos, humedales, etc. (Ministerio de Agricultura, 2016).

3.5.2 Fuentes subterráneas

Una parte de la precipitación, sea en forma de lluvia, nieve o granizo fluye por la superficie de la tierra formando arroyos y ríos, esto se denomina una escorrentía superficial. Otra parte de la precipitación sufre un proceso de infiltración en el terreno, recorriendo los espacios porosos y las gritas que el suelo presenta, en este momento llega a un punto de

saturación, dónde el agua empieza a fluir por gravedad hacía las capas profundas del mismo, dando lugar a la escorrentía subterránea (Cerón et al., 2020).

Las fuentes subterráneas son cargadas de manera natural con el agua lluvia y agua proveniente de la nieve derretida o el goteo del fondo de lagos, lagunas y ríos. También pueden ser cargadas por el agua proveniente de una fuga y en el proceso de regadío de cultivos con abundante agua. Generalmente el agua subterránea está contenida en una formación geológica denominada acuífero, el cuál presenta un material permeable con la capacidad de almacenar cierta cantidad de agua. Los acuíferos están formados por arena suelta, rocas permeables, piedras de lodo, rocas cristalizadas, etc (Ramos, 2014).

3.5.3 Agua lluvia

La captación del agua lluvia se aplica cuando no es posible obtener agua de fuentes superficiales y subterráneas de buena calidad, además se aprovecha el agua de origen pluvial cuando el régimen de precipitaciones es predominante. El proceso de obtención de agua se realiza por medio de la utilización de los techos de las casas o superficies impermeables que permita la captación de la misma (Cerón et al., 2020).

3.6 Contaminación del agua

El agua es un elemento natural de gran importancia, pues es el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en el planeta tierra, siendo uno de los principales responsables del desarrollo de las distintas formas de vida existentes. Todos los seres vivos están compuestos en gran proporción de agua, formando parte de los músculos, órganos, tejidos, y por tal motivo no es posible la vida sin agua (Vázquez, 2017).

En los últimos años, unos de los problemas que abarca la atención a nivel mundial es la falta de acceso al agua dulce y potable por saneamiento. Además de esto el problema de contaminación del agua afecta mucho más el panorama. Una de las causas principales de la contaminación de agua es el vertido de residuos de fertilizantes, pesticidas o químicos, formando parte del afluente de aguas dulces y que abarcan una contaminación al agua salada también

(Vázquez, 2017). Se define a la contaminación del agua como aquel cambio químico, físico o biológico que llegue a afectar la calidad de la misma, conllevando a la generación de efectos colaterales en cualquier organismo viviente que sea beneficiario de dicho recurso (Lenntech, 2016).

El agua superficial presenta cierta susceptibilidad a la contaminación con relación al agua subterránea, debido a que principalmente las actividades de origen antrópicas como la agricultura, arrastran el agua conformada por compuestos químicos y productos fitosanitarios. También dentro de las actividades diarias como el vertido de los aceites de petróleo y la mala disposición final de la basura son algunos ejemplos que conllevan a la contaminación del agua (Camacho, 2020).

La falta de acceso a un recurso hídrico provoca graves daños a nivel social en cuestión de salud, pues muchas veces el agua actúa como fuente originaria de vectores transmisores de enfermedades, generando muertes prematuras. Por dichas causas mencionadas se han tomado medidas a nivel general para minimizar y mitigar la contaminación del agua, como mantener la cobertura vegetal en las orillas de los ríos para evitar su erosión y disminución del caudal, el uso adecuado de los productos industriales procurando que estos sean amigables con el ambiente, la reducción de productos químicos principalmente en el campo agrícola y ganadero, y una de las medidas más importantes es el establecimiento niveles máximos presumibles de los vertidos, especificando las condiciones para el uso correspondiente (Vázquez, 2017).

3.7 Enfermedades producidas por la contaminación de agua

Las enfermedades transmitidas por el agua generalmente presentan su origen en la contaminación producida por vertidos con orina y heces fecales de animales y personas (Organización Mundial de la Salud, 2017a), también pueden ser producto de un efecto de estancamiento en el agua y que ésta entre en contacto directo con las personas; relacionando su aplicación en el consumo, catalogando al recurso como un agua contaminada microbiológica y químicamente, dejando su calidad como inadecuada para el consumo (Camacho, 2020). Dentro

de los principales vectores de enfermedades producidas por la contaminación de agua se encuentran bacterias y protozoos, entre los más comunes se muestran a continuación:

Tabla 1

Enfermedades y síntomas causados por bacterias

Enfermedad	Especie	Síntomas
Enteritis	*Aeromonas spp.*	Disentería con sangre y moco.
Campilobacteriosis	*Campylobacter jejuni*	Gripe, disentería, dolor de cabeza y estómago, fiebre, calambres y náuseas.
	Escherichia coli	Disentería acuosa, dolores de cabeza, fiebre, uremia, daños hepáticos.
Plesiomonas-infección	*Plesiomonas shigelloides*	Indicios gripales agravados, espasmos estomacales, disentería y náuseas.
Fiebre tifoidea	*Salmonella typhi*	Fiebre
Salmonelosis	*Salmonella spp*	Mareos, calambres intestinales, vómitos, disentería y a veces fiebre leve.
	Streptococcus spp	Dolores de estómago, disentería y fiebre, a veces vómitos.
Cólera	*Vibrio cholerae,*	Disentería

Nota. En la tabla se describe las enfermedades y síntomas causados por bacterias que se encuentran en el agua contaminada tomado de (Rodríguez et al., 2016)

Tabla 2

Enfermedades y síntomas causados por protozoos

Enfermedad	Especie	Síntomas
Disentería ameboide	*Entamoeba*	Disentería, dolor de cabeza, dolor abdominal, escalofríos, fiebre.
Criptosporidiosis	*Cryptosporidium parvum*	Sensación de mareo, disentería acuosa, vómitos, falta de apetito.
Giardiasis	*Giardia lamblia*	Disentería, calambres abdominales, flatulencia, eructos, fatiga.

Nota. En la tabla se describe las enfermedades y síntomas causados por protozoos que se encuentran en el agua contaminada tomado de (Rodríguez et al., 2016)

3.8 Agua Potable

El agua potable también conocida como agua bebible, es aquella que es segura para el consumo humano. El agua potable es originaria de fuentes superficiales y subterráneas. Una de las principales características del dicho recurso, es que puede ser consumida sin restricción, debido a su proceso de potabilización, pues esto permite eliminar cualquier riesgo que atente a la salud (PubMed Health, 2016). El término de agua potable es adjudicado como tal, cuando cumple los requisitos y estándares establecidos por autoridades locales e internacionales (Ente Provincial del Agua y Saneamiento, 2014).

La organización Mundial de la salud durante el periodo de 1983 a 1997, publicó la primera y segunda Guía para la calidad del agua potable, basadas en normas internacionales. A partir de dicha fecha se desarrolló una emisión continua de Guías, las cuales conforme a los años iban mejorando su estructura y tomando medidas que se adapten a la situación actual de

cada periodo. En esta guía se encuentra el proceso de aplicación de la misma, incluyendo ciertas normativas y protocolos a seguir (Organización Mundial de la Salud, 2017).

La Estrategia Nacional de Calidad del Agua define dos pilares que permiten alcanzar el objetivo último de "garantizar el ejercicio pleno del derecho humano al agua y saneamiento de la población ecuatoriana, en condiciones de sostenibilidad y participación efectiva". Dichos pilares se presentan a continuación:

Pilar I.

- Centro 1: Inversión para el Acceso Universal.

Dicho centro establece las necesidades de inversión, analizando la capacidad financiera de los gobiernos municipales y planteando un programa financiero para alcanzar la universalización del acceso.

- Centro 2: Mejoramiento de la Capacidad de Ejecución Sectorial.

Analiza la capacidad de ejecución de los gobiernos municipales y prestadores de servicios, identifica a los procesos que ralentizan el desarrollo de dicha capacidad, de la misma forma identifica las necesidades más primordiales que aseguren que los fondos destinados al sector puedan ser ejecutados en el plazo previsto.

- Centro 3: Utilización Eficiente de los Recursos de Financiación.

En este centro se analizan los problemas que alteran el uso eficiente de los recursos de inversión y establece principios, con el objetivo de plantear posibles soluciones.

Pilar II.

- Centro 1: Mejoramiento de la Calidad de los Servicios.

Dicho centro se encarga de caracterizar las deficiencias de los servicios de agua y saneamiento brindados por las Juntas Administradoras de Agua Potable y Saneamiento y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, así mismo, identifica el apoyo y los incentivos para promover un mayor esfuerzo en la mejora de la calidad del servicio.

- Centro 2: Mejoramiento de la Eficiencia y la Sostenibilidad Financiera de los Acreedores.

Establece las carencias de los proveedores en términos de eficiencia y sostenibilidad financiera, realizando un análisis en sus causas y así priorizar las cuestiones a resolver.

- Centro 3: Fortalecimiento y Acortamiento de la Función Rectora y de Comitiva.

Analiza a aquellas necesidades para el mejoramiento del marco institucional vigente, variantes clave de delimitación de las competencias y roles de las instituciones rectoras como reguladoras, además de las necesidades para el fortalecimiento de las autoridades sectoriales, con la finalidad de liderar un proceso de implementación de dicha Estrategia (Secretaría Nacional del Agua, 2016).

3.9 Agua de consumo humano

El agua de consumo humano se cataloga como aquella que en su estado original o después de un proceso de tratamiento es utilizada para beber, para la preparación de alimentos, para la higiene y aseo personal y cualquier uso doméstico, independiente de su origen, sea por suministro al consumidor por medio de redes de distribución pública o privada, por medio de cisternas o depósitos públicos o privados (Cerón et al., 2020).

Se considera también como agua de consumo humano aquella utilizada en la industria alimenticia, comercialización de productos o sustancias destinadas para el consumo humano, además se toma en cuenta el agua utilizada en la limpieza de superficies, objetos y materiales que pueden entrar en contacto directos con los alimentos (MSC, 2014).

3.10 Cloración del agua

Es el primer paso que se realiza en un proceso de desinfección en el suministro de agua potable, esto se convirtió en una alternativa eficaz para erradicar las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua; aunque pueda parecer extraño y sorprendente, gran parte del aumento del 50% en la esperanza de vida en el mundo desarrollado en el siglo XX se debió a la cloración (Ramírez, 2015).

3.10.1 Utilidad del cloro en el agua

Así como el agua es esencial para la vida, el cloro es fundamental para garantizar la calidad higiénica y la desinfección del agua potable. El cloro es el desinfectante más utilizado debido a sus ventajas, que incluyen bajo costo, alta eficiencia y fácil cuantificación en el laboratorio y en el campo. Otra ventaja importante sobre otros desinfectantes es que deja un residuo de desinfectante que ayuda a prevenir la recontaminación. Por lo tanto, el cloro se usa en todo el mundo para proporcionar desinfección (Orellana, 2019).

Continúa en el sistema de distribución de agua y, por lo tanto, garantiza que el agua potable esté libre de bacterias y sea segura para beber.

3.10.2 Evaluación de la cantidad de cloro en el agua

El cloro se usa en el agua potable para matar microbios, los cuales pueden causar diversas enfermedades a las personas, por lo que su presencia en el área permitida es un indicador de sus habilidades higiénicas.

3.10.2.1 Cloro libre residual

Cuando se agrega cloro al suministro de agua, parte se adhiere a los elementos que poseen sustancias químicas como hierro, calcio y bacterias que pueden estar en el agua. Cuando sucede esto, el cloro agregado forma sustancias como el cloruro férrico y el cloruro de calcio, matando así las bacterias. La cantidad de cloro que no queda atrapada o aglomerada se denomina cloro residual (en exceso).

3.10.2.2Utilidad del cloro libre residual

El uso excesivo de cloro para que las plantas acuáticas se apareen es necesario para oxidar ciertos compuestos y eliminar bacterias, por lo que menos queda una cierta cantidad de cloro en la tubería de agua. Este cloro residual es el cloro libre que queda en el agua después de desinfectar la planta. Su finalidad es desinfectar continuamente el agua desde que sale de la planta de tratamiento hasta que llega al consumidor (ISO 9308-1, 2000).

3.11 Calidad del agua

La calidad del agua es un estado o una característica de la misma, dónde su composición físico-química y biológica determinan el uso y empleo del recurso sin causar daños, estableciendo parámetros permisibles para adquirir dicha atribución (Leonard, 2015).

3.11.1 Propiedades organolépticas

Propiedades sensoriales y descripciones de las propiedades físicas del agua que normalmente son evaluadas por los sentidos. La presente Investigación evaluó las siguientes propiedades organolépticas.

- Olor y Sabor.

Una de las principales características del agua es que no define un olor y sabor, catalogando como inodora e insípida, sin embargo, por ciertos componentes presentes en el agua como fenoles, hidrocarburos, cloro, materia orgánica, algas y hongos, dándole un olor y sabor al agua, de esta forma el olor y el sabor presentan una relación integra entre sí (Macías, 2022).

- Color.

El agua es incolora, sin embargo, en el análisis del color del agua se determina el color aparte que presenta el agua bruta y el color verdadero; el que se presenta al separar el agua de la materia en suspensión (Cerón et al., 2020).

Muchas veces el color del agua puede estar determinado gracias a sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella, fundamentalmente se da por la presencia de metales, algas, de materia orgánica y sales solubles de Fe y Mn (Macías, 2022).

3.11.2 Parámetros físicos

- Turbidez.

La turbidez es causa de las partículas en suspensión o coloides como arcillas, limo, tierra, etc., presentes en el agua, así de esta forma dichas partículas reducen la transparencia del agua (Mejía, 2010). La materia suspendida en el agua obstaculiza el paso de la luz y puede ser reducida mediante procesos de filtración o sedimentación (Macías, 2022).

- pH:

El valor del pH está relacionado con situaciones anómalas que suceden en el agua, como la corrosión y los depósitos en las redes de distribución. De forma general el valor del pH no presenta efectos directos negativos en la salud, pero sí puede interferir en los procesos de tratamiento de agua (Vaquero y Toxqui, 2016).

- Temperatura.

La temperatura del agua permite el desarrollo de varios procesos que en ella se producen, pues el aumento de ésta modifica la solubilidad de las sustancias; aumentando el nivel de sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases, además incide la las actividades biológicas del agua, en la absorción de oxígeno y en la desinfección y la precipitación de compuestos (Macías, 2022).

- Conductividad Eléctrica.

El agua actúa como aislante eléctrico, así, las sustancias disueltas en ella proporcionan al agua la capacidad de conducir corriente eléctrica (Reascos y Yar, 2010). El agua pura no presenta la capacidad de transmitir electricidad, por lo tanto, el análisis de dicho parámetro determinará la calidad del agua (Cerón et al., 2020).

- Sólidos totales.

El agua puede contener partículas en suspensión como compuestos solubilizados, la suma de los dos se conoce como sólidos totales. Se estima como una medida de concentración de las sales inorgánicas presentes en el agua, señalando que dicho contenido de las sustancias no es volátil (Camacho, 2020).

- Dureza Total.

La dureza total indica en contenido iónico del agua, siendo así la concentración total de iones principalmente de calcio y magnesio, el grado de dureza presenta una relación directa a la concentración de sales metálicas (Camacho, 2020).

3.11.3 Parámetros químicos

- Calcio.

La presencia de calcio en el agua depende de la fuente y del tratamiento de la misma, pues un alto de grado de concentración de calcio da la característica de un agua dura. La cantidad de calcio presenta un rango desde 0 hasta varios cientos de mg/L (Cerón et al., 2020).

- Magnesio.

El magnesio al igual que el calcio, da la característica de denominar al agua como dura. La cantidad de este depende de los caminos que el agua atraviese. El magnesio es un elemento muy importante para el crecimiento humano, sin embargo, concentraciones mayores a 125 mg/L presentan un efecto laxante (Calderón et al., 2017).

- Cloro residual.

La presencia del cloro residual o libre es de gran importancia cuando se aplica el método de cloración, pues indica la medida de la capacidad para oxidar materia orgánica. El cloro residual presente en el agua apta para consumo humano generalmente se encuentra en una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso (Cerón et al., 2020).

- Nitratos.

Los nitratos representan el mayor estado de oxigenación del nitrógeno. De manera natural surgen por solubilización de las rocas. Así mismo aparecen por oxidación de compuestos orgánicos nitrogenados, por residuos de abonos y aguas residuales.

- Nitritos.

El análisis de nitritos indica un estado de oxidación intermedio del nitrógeno. La concentración de estos puede funcionar como indicador de contaminación bacteriológica, pues las bacterias son responsables de la reducción del mismo. Generalmente la presencia de nitritos en el agua puede indicar una contaminación de carácter fecal reciente (Camacho, 2020).

3.11.4 Parámetros biológicos

- Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto (OD)es un indicativo de calidad de agua y se determina con un análisis in situ por medio del uso de un electrodo de membrana (Reascos y Yar, 2010). El valor máximo del oxígeno disuelto está relacionado con la temperatura del agua, conforme ésta aumenta el OD disminuye (Aznar, 2015).

- Demanda Química de Oxígeno.

La demanda química de oxígeno (DQO) establece la cantidad de oxígeno consumido por la reducción de cuerpos en agua sin que exista intervención de los organismos vivos. La eliminación de la materia orgánica se lleva a cabo por medio de unos procesos de coagulación, floculación, sedimentación y filtración. La DQO permite analizar el grado de contaminación del agua en cuestión y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (Aznar, 2015).

3.11.5 Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales.

Los coliformes fecales son bacterias de forma de varillas, presentes en el intestino de los seres humanos y animales de sangre caliente, presentan la capacidad de multiplicarse a temperaturas que superen los 44°C y fermentan la lactosa. Estos microorganismos pueden sobrevivir y proliferar en el agua, por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden ser aplicados en la identificación de la eficiencia de tratamientos y para la evaluación de limpieza e integridad de sistemas de distribución (Calderón et al., 2017).

Dentro de los principales ejemplares de coliformes fecales se encuentra *Escherichia coli*. La mayoría de estas bacterias no causa enfermedades, sin embargo, si una persona se enferma de *E. coli,* la primera zona de infección es el tracto gastrointestinal. La presencia de *E. coli* en el agua es un indicador de una contaminación reciente de aguas residuales o por residuos de animales. La contaminación del agua por *E. coli* presenta varias formas, una de ellas es por medio de la lluvia y derretimiento de la nieve, también puede estar presente en ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas. Otro medio de contaminación es la fauna silvestre, las fosas sépticas defectuosas, actividades recreativas y prácticas locales en el uso de suelo como la utilización del estiércol como fertilizante (Rock y Rivera, 2014).

3.12 Recuento de microorganismos sobre medios de cultivo

Algunos aspectos fundamentales importantes relacionados con la tecnología de filtración de la membrana son:

- Diluir: Se utiliza agua proteica, solución salina de proteínas, solución de Ringer, tampón de fosfato, agua destilada; siempre distribuidos en recipientes limpios, y esterilizar.

- Preparación y esterilización de equipos de filtrado: Sin equipos y materiales los productos estériles suministrados deben esterilizarse a través de:

    - Calor seco: 1 hora a 160°C o también a- 2°C.

    - Calor húmedo: Autoclave a 121°C o también – 1°C durante 20 minutos.

La esterilización de equipos y materiales de filtración requiere una evaluación integral de la eficiencia de los procesos. Para la preparación de las muestras deben ser procesadas de manera inmediata o dentro de las 6 horas posteriores a la recolección.

3.13 Selección del volumen a filtrar – dilución de la muestra

El volumen de la muestra filtrada suele ser de 100 ml, a excepción del agua embotellada, se recomienda analizar una muestra de 250 ml. Pero en el agua superficial y, por lo general, en el agua natural sin tratar, la cantidad de bacterias por cada 100 ml puede variar de decenas a cientos de miles. En este último caso, se deben utilizar muestras más pequeñas. La siguiente tabla proporciona algunos datos que pueden usarse como guía si no tenemos un historial de muestra.

Tabla 3

Volúmenes de muestras orientativos

Volúmenes de Muestra Orientativos (mL)		
Tipos de agua	**Coliformes Totales**	**Coliformes Fecales**
Consumo potable público	100	100
Natural envasada	250	250
Manantiales	15-100	30-100
Lagos, depósitos	4-100	10-100
Acomedidas	0,08-1,4	0,1-10
Playas	0,08-1,4	0,1-10
Ríos	0,003-0,08	0,1-1
Residuos clorados	0,003-0,08	0,1-1
Residuales sin tratar	0,0001-0,01	0,0003-0,03

Nota. La tabla indica que el número de coliformes encontradas en una muestra a través de la siembra de distintos volúmenes del agua problema en series de tubos conteniendo un medio de medio de cultivo selectivo con incubación a temperaturas adecuadas tomado de la Ley de Aguas del Ecuador dentro del Derecho Ambiental (2022)

Las muestras agregadas de 30-250 ml directamente en el embudo del filtro. Para las muestras de 1 a 30 mL, agregue 20-30 mL primero de solución tampón estéril. Para preparar una dilución 1/10, pipetee 1,0 mL en un recipiente de muestras con 9,0 mL de tampón estéril y agite enérgicamente.

Cuando la muestra se encuentra muy diluida, se formarán pocos microorganismos en la membrana. Por ejemplo, si una muestra de 10 mL contiene 20 bacterias coliformes, entonces 1,0 mL de la misma muestra debe contener 2 bacterias coliformes; si una muestra de 1,0 mL contiene 30 bacterias coliformes, entonces 1,0 mL de la misma muestra diluida 1/10 debería tener 3 bacterias *E. coli.*

Al recontar más de 20 colonias por membrana pueden dar resultados estadísticamente erróneos debido al hacinamiento, ya que lo que parece ser una sola colonia puede ser causado por múltiples bacterias en condiciones de hacinamiento.

Si se obtienen innumerables colonias (demasiadas para contarlas a simple vista) en la membrana, se recomienda volver a muestrear el agua y analizar muestras más diluidas. El exceso de colonias o mezclas de las mismas también puede interferir con el desarrollo de reacciones de color en las pruebas de coliformes totales o coliformes fecales.

Por otra parte, los recuentos de colonias inferiores a 10 o 20 por membrana no son una base fiable para cuantificar la concentración bacteriana de la muestra original. Por ejemplo, obtener 2 colonias al analizar 1 mL de agua no nos permite afirmar que el agua contiene 200 colonias por 100 mL. Eso es todo lo que es cuando se analizan muestras que contienen microorganismos, es conveniente utilizar como guía los siguientes recuentos máximos y mínimos de colonias por membrana.

Tabla 4

Microorganismos y colonias/membranas

Microorganismos	**Colonias/membrana**
Bacterias totales	Entre 20 y 200
Coliformes totales	Entre 20 y 200
Coliformes fecales	Entre 20 y 60
Estreptococos fecales	Entre 10 y 20

Nota. La tabla representa los microorganismos en la muestra según cantidades máximas y mínimas de colonias por cada membrana tomado de (Flores, 2021)

3.14 Indicadores biológicos de la calidad de agua

Los macroinvertebrados acuáticos son indicadores muy útiles porque son relativamente inmóviles en comparación con los peces y, por lo tanto, no pueden escapar a la contaminación. También, son sensibles a la contaminación, ya sea que el agua sea ligera o pesada, por eso los animales infectados de algunas especies mueren, desde el final de la contaminación, el público en general debe restablecerse (Carrera y Fierro, 2014).

3.14.1 Macroinvertebrados acuáticos

Como sugiere el nombre, todos estos son organismos que no tienen columna vertebral y viven en sistemas acuáticos, por lo general, tienden a adherirse al fondo, sobre, entre o debajo de los sustratos y, en última instancia, pueden suspenderse activa o pasivamente en la columna. Con el fin de estandarizar los estudios, se clasificaron como macroinvertebrados si superaban los 0,2 mm de tamaño y, por lo tanto, podían verse a simple vista sin equipo de aumento, aunque esta medida no era rigurosa y referenciada. El tamaño del marco, el tamaño de la red utilizada durante el estudio y la posibilidad de observar el organismo a simple vista (Gómez et al., 2016).

3.15 Propiedades hidráulicas de las rocas

Esta propiedad de las rocas está directamente relacionada con los problemas de producción, ya que se puede definir como la capacidad de un material para permitir el paso de fluidos (en este caso agua) fácilmente y sin cambiar su estructura interna a través de un gradiente de presión. Mientras la piedra tenga suficiente poder el movimiento de fluidos a través de sus poros y depósitos interconectados, se logra presionar con fuerza sobre la superficie. Se dice que un material es permeable si permite una cierta cantidad considerable de líquido en un momento dado, para lo cual la roca debe ser porosa, con interconexiones (poros, huecos, grietas o fisuras), tamaño, forma y la continuidad de los poros también afecta la permeabilidad de la formación que existe en general, se puede decir que la velocidad del fluido está cambiando los materiales dependen de tres factores principales:

- Porosidad del material.
- La densidad del fluido respectivo afectada por su temperatura.

- La presión a la que se somete el fluido.

Generalmente, una mayor porosidad corresponde a una mayor permeabilidad, aunque no siempre es así. La presencia de fallas, grietas u otras imperfecciones estructurales a menudo aumenta la permeabilidad del suelo. Algunos ejemplos de rocas permeables son la piedra caliza y la arenisca, mientras que la arcilla o el basalto son prácticamente impermeables. Algunas arenas de grano fino pueden tener un alto índice de porosidad conectada, aunque los poros individuales y los canales de poros sean muy pequeños. Como resultado, las vías disponibles para los fluidos a través de los poros estrechos son limitadas; por lo tanto, las formaciones de grano fino tienden a tener baja permeabilidad. Si el yacimiento está formado por roca densa fracturada por un gran número de pequeñas grietas, tiene baja porosidad, pero alta permeabilidad, como la caliza (Chang, 2018).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Metodología

El tipo de investigación es descriptiva debido a que se basa en la determinación de las características del agua de consumo de la Junta de aguas de la comunidad de Cuicocha, posee un enfoque cualitativo al comparar los resultados con la normativa y generar datos estadísticos de ellos, por lo que este estudio abarca un enfoque mixto. Al ser un tipo de análisis descriptivo comparativo ya que una vez realizada la caracterización del agua procedimos a compararla con la normativa vigente para realizar la propuesta de monitoreo y mejoramiento de la calidad de agua.

4.1.1 Diagnóstico del Área de estudio de la Comunidad de Cuicocha

El área de estudio se encuentra ubicado a 10 km al este de la zona urbana en el cantón Santa Ana de Cotacachi en la provincia de Imbabura. La investigación de campo se realizó mediante información brindada por la Junta de agua de la comunidad de Cuicocha y la UNORCAC, dentro de esta Junta se encuentran las comunidades Cuicocha sector medio, Cuicocha Centro, Cuicocha Pana y Huagra Corral. Dentro del cantón existen 3 zonas principales que son: andina (temperatura de 14 a 22°C), subtropical y tropical (temperatura de 16 a 32°C). La zona donde se realizó la obtención de la muestra se ha obtenido la altitud de 2418 m.s.n.m. (Reascos y Yar, 2015).

La población de la comunidad de Cuicocha se presenta a nivel de los centros poblados o zonas urbanas y la población por sector censal (dos o más manzanas, para zonas urbanas y polígonos más grandes para zonas rurales. Según estos datos, hay una población de 101.812 habitantes en los sectores censales. Nueve centros poblados con una población de 89.861 personas al año 2010 y una estimación aproximada al año 2022 de 105500 habitantes (INEC, 2010).

4.2 Materiales

Los materiales de este trabajo de titulación se clasificaron en insumos, recursos materiales y recursos humanos.

4.2.1 Insumos

- Reactivos necesarios para los análisis descritos por APHA
- Computadora
- Información bibliográfica
- Insumos de escritorio

4.2.2 Recursos Materiales

- GPS portátil marca Garmin
- Materiales necesarios para los análisis descritos por APHA

4.2.3 Recursos humanos

- Asesor de tesis
- Investigador del proyecto
- Presidente de la Junta de agua Cuicocha
- Operador del sistema de abastecimiento de agua de la Comunidad de Cuicocha
- Miembros de la comunidad

4.3 Métodos

Para determinar la calidad de agua de consumo humano se establecieron dos etapas: etapa de campo y etapa de análisis.

4.3.1 Etapa de Campo

Según (Ordóñez, 2022), la fase técnica consta de la relación de visitas y recolección de muestra en el campo de las comunidades pertenecientes a la Junta de Cuicocha. Tomar el punto de ubicación de muestreo utilizando GPS, tomando coordenadas UTM se puede construir un mapa de puntos de muestreo de análisis físico-químico y bacteriológico, así es posible elaborar la cartografía, con la descripción de la zona de investigación.

Se debe realizar un análisis físico-químico básico (cloro residual, valor de pH, turbidez). Debe evaluarse *in situ* si es posible cuando el equipo no está disponible. Los campos requeridos para la evaluación de parámetros fisicoquímicos básicos con las muestras se recogen en frascos de vidrio o de polietileno con una capacidad de 500 mL sin utilizar preservantes. Tampoco se debe exponer la muestra a la luz, ni agitarla. Se trata y procesa las muestras de agua para consumo humano recolectada en botellas estériles. Otro punto fundamental es la identificación precisa y sin ambigüedades de la muestra a través de una etiqueta u hoja de muestreo la cual debe contener toda la información requerida (Álvarez y Encalada, 2022).

Toma de muestras*:* Los puntos de la toma y registro de muestras fueron puntuales, es decir se tomó 1000 ml de agua de los nueve puntos de muestreo que fueron: La vertiente, tanque de cloracion, tanque reservorio y en la ultima casa de cada uno de los seis sectores de la Comunidad de Cuicocha de tal manera que represente la calidad de agua de los puntos establecidos con la Junta de Agua y con el asesor de esta invesitgación. Las muestras se tomaron de forma manual con un equipamiento mínimo (guantes, envases, Cooler, cámara). El agua se recolectó en envases de Polietileno, los mismos que fueron lavados con agua destilada previamente a la toma de las muestras, la forma correcta de tomar las muestras es sumergirlos en contracorriente, se los etiqueta a cada envase y se transporta en un Cooler a 4^0C para así mantener las propiedades biológicas como químicas y evitar contaminar las muestras.

4.3.2 Análisis físico – químicos y bacteriológico

Se realizó un análisis descriptivo - comparativo de las muestras analizadas. Para optimizar los resultados del análisis físico – químico y bacteriológico se utilizó los equipos del

laboratorio de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la PUCE SI, con los datos obtenidos se pudo determinar la calidad de agua en la que se encuentra el agua de consumo humano de la comunidad de Cuicocha del Cantón Cotacachi.

En el análisis microbiológico el parámetro de Coliformes fecales se realizó el mismo día de la toma de muestra de agua. En este parámetro se utilizó placas petrifilm, en las cuales vienen incluidas las guías de interpretación, se empleó la técnica que indica el fabricante para la determinación de Coliformes Fecales, para la realización de este parámetro es indispensable trabajar con el mechero cerca, mascarilla y guantes para no contaminar la muestra.

Las placas petrifilm contiene el nutriente Violeta Roja Bilis modificada (VRB), un agente gelificante soluble facilita el conteo de colonias con agua fría y un indicador de tetrazolio. La película de la capa superior atrapa el gas generado por fermentación de lactosa por coliformes. El tiempo y la temperatura de incubación, así como la interpretación de las placas Petrifilm CC puede variar según el método. La AOAC, AFNOR y NMKL validan la utilización de las placas petrifilm CC en condiciones específicas (Coyago, 2018).

4.4 Etapa Técnica

4.4.1 Ubicación

Esto se realizó con un recorrido de campo utilizando GPS tomando coordenadas, para así ubicar los lugares donde se realizó el muestreo, con esta información se realizó el mapa de los puntos de muestreo de análisis físico – químico y bacteriológico.

4.4.2 Determinación y frecuencia de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se los realizó en los siguientes lugares: vertiente, tanques de almacenamientos y en la casa de los usuarios finales esto con una frecuencia de dos veces una en época seca y la otra en época de lluvia. La frecuencia de muestreo en el mismo lugar, es posible que haya una variación en los minutos o también horas e incluso meses. Si la composición del agua varia a lo largo del espacio que constituye la masa de agua y no en el

tiempo, se deberá ampliar las tomas para abarcar los sitios considerados mayormente adecuados a la situación concreta. (Ramírez, 2017)

Según (Pizarro, 2018) la recolección de muestras de agua en época de lluvias y en época de seca es importante porque ambas épocas proporcionan información valiosa sobre la calidad y las características del agua en diferentes condiciones.

4.4.3 Toma y registro de muestras

Al realizar un muestreo de calidad de aguas residuales se debe tener organizados los frascos etiquetados con la información de ubicación, fecha, hora, observaciones, etc., escrito con letra legible. Con la ayuda de un geoposicionador se logra determinar latitud, longitud y altitud del punto exacto de vertimiento y registrarlos. Si se necesitan más de dos puntos de muestreo se debe georreferenciar cada uno de ellos. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017)

Los análisis físico – químico como son pH, conductividad eléctrica, turbidez y cloro residual se lo realizaron de forma in situ con los implementos de laboratorio de la PUCE SI.

Figura 2

Recolección de la muestra



Nota. Fotografía de la recolección de la muestra de agua a analizar.

4.4.4 Etapa de análisis

Para el análisis físico – químico y bacteriológico se realizaron los siguientes parámetros con sus respectivos métodos.

4.4.4.1 pH

Este parámetro se determinó con el pH-metro del laboratorio de la siguiente manera: se calibra el potenciómetro según la guía que se encuentra en el estuche del equipo portátil y se procede a medir el agua, y se debe tomar en cuenta el volumen, velocidad, tiempo de la muestra recolectada, luego se procede a medir los parámetros de campo introduciendo los electrodos del potenciómetro en el agua, leer los valores que aparecen en la pantalla del equipo y tomar nota de cada valor de manera organizada. Por último, se debe lavar los electrodos con bastante agua para que no se deteriore el equipo(Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017).

Figura 3

Análisis de la muestra recolectada



Nota. Fotografía realizando el análisis de pH de la muestra de agua recolectada.

4.4.4.2 Conductividad Eléctrica

Este parámetro se determinó con el conductímetro “La Motte” del laboratorio, de igual manera que con el equipo de pH, se calibra el conductímetro según la guía que se encuentra en el estuche del equipo portátil y se procede a medir el agua, y se debe tomar en cuenta el volumen, velocidad, tiempo de la muestra recolectada, luego se procede a medir los parámetros de campo introduciendo los electrodos del conductímetro en el agua, leer los valores que aparecen en la pantalla del equipo y tomar nota de cada valor de manera organizada. Por último, se debe lavar los electrodos con bastante agua para que no se deteriore el equipo (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2017).

Figura 4

Análisis de la muestra recolectada



Nota. Fotografía del valor de conductividad eléctrica de la muestra de agua recolectada.

4.4.4.3 Turbidez

Este parámetro se midió con el Colorímetro La Motte, el cual es un dispositivo que posee una fuente de luz, un lente y un detector que se localizan a 90° de la fuente de luz que se fusionan para medir la turbidez de una muestra de agua. Al momento de colocar la muestra en una celda, y se coloca dentro del medidor, dentro del equipo el lente detecta partículas y la luz dispersada

y se realiza una comparación de la lectura con los estándares en una curva de calibración, y se toma lectura del valor en pantalla (Hannainst, 2022).

Figura 5

Análisis de la muestra recolectada



Nota. Fotografía del valor de turbidez de la muestra de agua recolectada.

4.4.4.4 Solidos Totales

Se utilizó la técnica de crisoles estos previamente tarados, después colocamos 20ml de la muestra de agua homogenizada en el matraz para posteriormente filtrar con papel filtro que antes lo pesamos para luego del filtrado pesarlo nuevamente con los sólidos suspendidos.

Para los sólidos disueltos ponemos la muestra de agua en un crisol lo ponemos en la estufa hasta que se evapore la muestra, luego calcinamos los residuos de agua en la mufla a una temperatura de 550ºC, por último, ponemos a enfriar en el secador de sílice y pesamos, la diferencia de los pesos es la cantidad de sólidos en el agua (Chacón, 2017).

4.4.4.5 Dureza Total

Se miden 100 ml de muestra en un balón aforado (o una alícuota). Se trasvasa a un Erlenmeyer de 250ml y se añade 2.0 ml de Buffer pH 10 y unas 4 – 5 gotas de NET. Se titula con el EDTA observando un cambio de color de rosa a azul púrpura (Chacón, 2017).

4.4.4.6 Calcio

Agregar 0.5ml de la muestra en un tubo de ensayo, añadir con una pipeta y mezclar 5.0ml del reactivo Ca1, añadir y mezclar 4 gotas del reactivo Ca^{2}, añadir y mezclar 4 gotas del reactivo Ca3 y finalmente dejar en reposo 8 minutos (tiempo de reacción), luego poner la muestra en la cubeta y medir en el fotómetro (Chacón, 2017).

4.4.4.7 Magnesio

Agregar 1.0 mL de la muestra en una cubeta de reacción y mezclar, añadir con una pipeta y mezclar 1,0 mL del reactivo Mg^{-1K}, dejar en reposo 3 minutos (tiempo de reacción), añadir y mezclar 3 gotas del reactivo para magnesio y finalmente medir en el fotómetro (Chacón, 2017).

4.4.4.8 Nitritos

Agregar 5.0ml de la muestra en un tubo de ensayo, añadir una microcuchara del reactivo NO_2^{-1} y agitar vigorosamente hasta que el reactivo se hay disuelto completamente, y finalmente dejar en reposo 10 minutos / (tiempo de reacción), luego poner la muestra en la cubeta y medir en el fotómetro (Chacón, 2017).

4.4.4.9 Nitratos

Agregar una microcuchara del reactivo para nitratos en un tubo de ensayo seco, añadir con una pipeta 5,0 mL del reactivo para nitratos y agitar vigorosamente durante 1 minuto hasta que el reactivo para nitratos se haya disuelto completamente, verter muy lentamente 1,5 mL de la muestra con la pipeta en la pared interna del tubo de ensayo manteniéndolo inclinado, mezclar rápidamente agarrando el tubo de ensayo por la parte superior, dejar en reposo durante 10 minutos (tiempo de reacción) y finalmente poner la muestra en la cubeta y medir en el fotómetro (Chacón, 2017).

4.4.4.10 Sulfatos

Agregar 2,5 mL de la muestra en un tubo de ensayo, añadir y mezclar 2 gotas del reactivo para sulfatos, añadir y mezclar 1 microcuchara del reactivo para sulfatos calentar el tubo durante 5 minutos a 40ºC en baño de agua (tiempo de reacción) agitando de vez en cuando, añadir y mezclar con una pipeta 2,5 mL del reactivo para sulfatos, filtrar el contenido del tubo a través de un filtro a un segundo tubo de ensayo, añadir y mezclar 4 gotas del reactivo para sulfatos,

calentar el tubo durante 7 minutos a 40ºC en el baño de agua (tiempo de reacción) agitando de vez en cuando y finalmente poner la muestra en la cubeta y medir en el fotómetro (Chacón, 2017).

4.4.4.11 Cloro residual

Se determinó en campo con el colorímetro. La muestra de agua dentro de la celda se produce una corriente eléctrica proporcional a la concentración de cloro, la que es medida y se muestran los valores en la pantalla del colorímetro (Quiroz y Ordóñez, 2021).

4.4.4.12 Demanda Química de Oxígeno

Agregar 2.0mL de la muestra en un tubo de reacción y mezclar, poner en el biodigestor durante 2 horas a 150ºC, después a 30m minutos a 120ºC, luego medir en el colorímetro. (Chacón, 2017)

4.4.4.13 *E. Coli* y Coliformes Totales por el método de Petrifilm

Esterilizar las puntas para micropipeta, homogenizar la muestra de agua, levantar la película 3M Petrifilm y con la micropipeta colocar la muestra en el centro de la película inferior, bajar con cuidado la película evitando que se formen burbujas de aire, incubar las placas por 24h, si ha existido el crecimiento de colonias las de color rojo pertenecerán a Coliformes totales y las de color lila pertenecerán a Coliformes Fecales o *Escherichia Coli.* (Chacón, 2017).

Figura 6

Análisis de la muestra recolectada



Nota. Fotografía preparando y colocando la muestra de agua recolectada en el centro de la película de 3M Petrifilm.

4.5 Análisis Estadístico

En esta etapa de la investigación se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos de los análisis realizados con la norma, siendo así una Estadística Descriptiva. Este tipo de estadística ayuda a resumir de una manera clara y sencilla los datos de alguna investigación a través de cuadros, tablas, figuras y gráficas, como lo hemos hecho a continuación (Rendón y otros, 2016).

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Diagnóstico del Cantón Cotacachi

Tabla 5

Diagnóstico del Cantón Cotacachi

Factores	Detalle
Altitud Media	2418 m.s.n.m
Clima	Templado subhúmedo
Temperatura media anual	14 ºC
Precipitación media anual	1162.4 mm
Población	37.254 habitantes

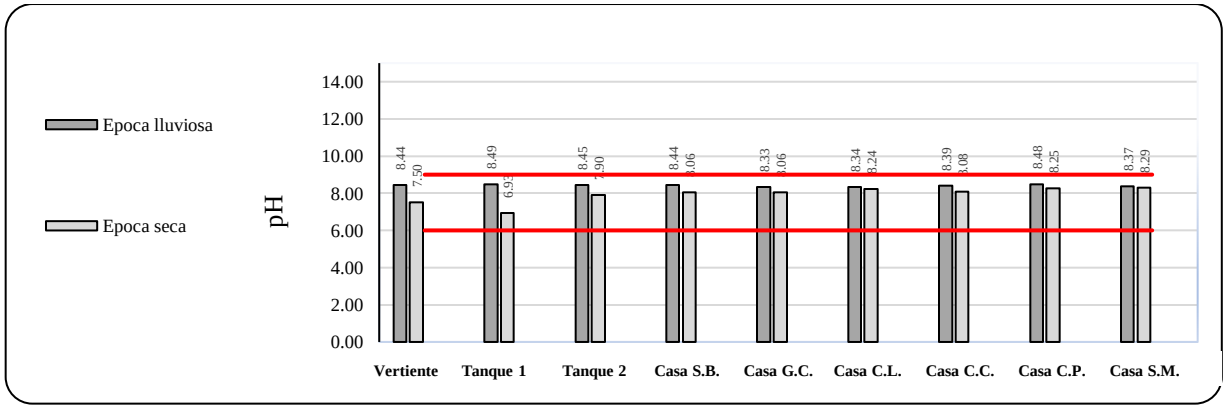
Nota. La tabla presenta las características climáticas y poblacionales del Cantón Cotacachi

5.2 Resultados fisicoquímicos y bacteriológicos

Estos datos se obtuvieron de las muestras recolectadas en campo tanto en época seca como en época lluviosa, se procedió a analizar en campo y en laboratorio para determinar la calidad de agua de consumo humano.

Figura 7

Valoración del pH



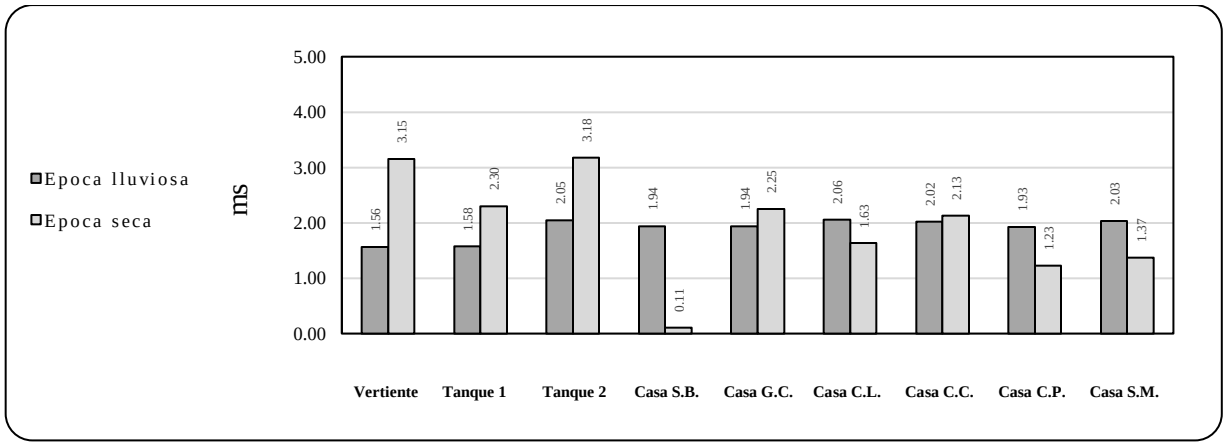
Nota. La figura representa la Valoración del Potencial de Hidrógeno en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes valores: como mínimo 7,50 y como máximo 8,49, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 8,41 y en época seca de 7,92. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible está entre pH 6 y pH 9, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que es apta para el consumo humano. Según (Pradana, 2019) menciona que el pH ya sea muy bajo o muy alto genera un sabor desagradable, lo que puede influir en la aceptabilidad del agua potable por parte de los usiarios, ademas el pH es indicativo de la presencia de sustancias químicas o contaminantes en el agua lo que es un riesgo para la salud.

Figura 8

Valoración de la Conductividad Eléctrica



Nota. La figura representa la Valoración de la Conductividad Eléctrica en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

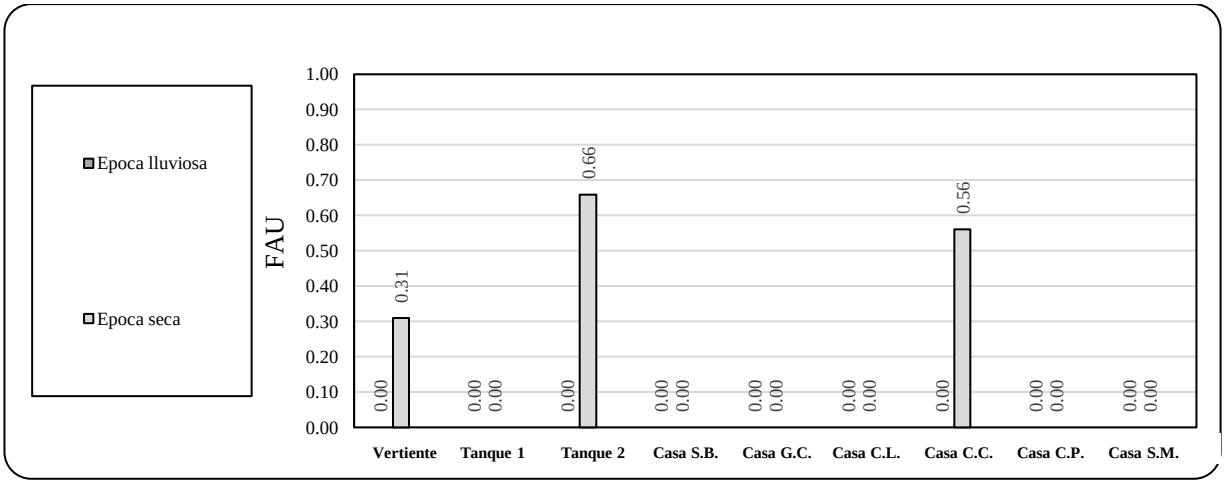
Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio tenemos como mínimo 62,8 (µS/cm) y como máximo 65,6 (µS/cm). Este parámetro no se encuentra establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana dentro del TULSMA, Tabla 1, en lo que se refiere al agua para consumo humano. Pero es un parámetro necesario para determinar la cantidad de sales. Según (Fernández, 2018), la conductividad eléctrica se encuentra en valores excedidos cuando superan los 2000 µS/cm, lo que quiere decir que el agua está contaminada o recibe gran cantidad de sales, minerales, o

sedimentos contaminantes, lo que afecta a sabor, olor y aceptabilidad para el consumo humano.

Figura 9

Valoración de la Turbidez



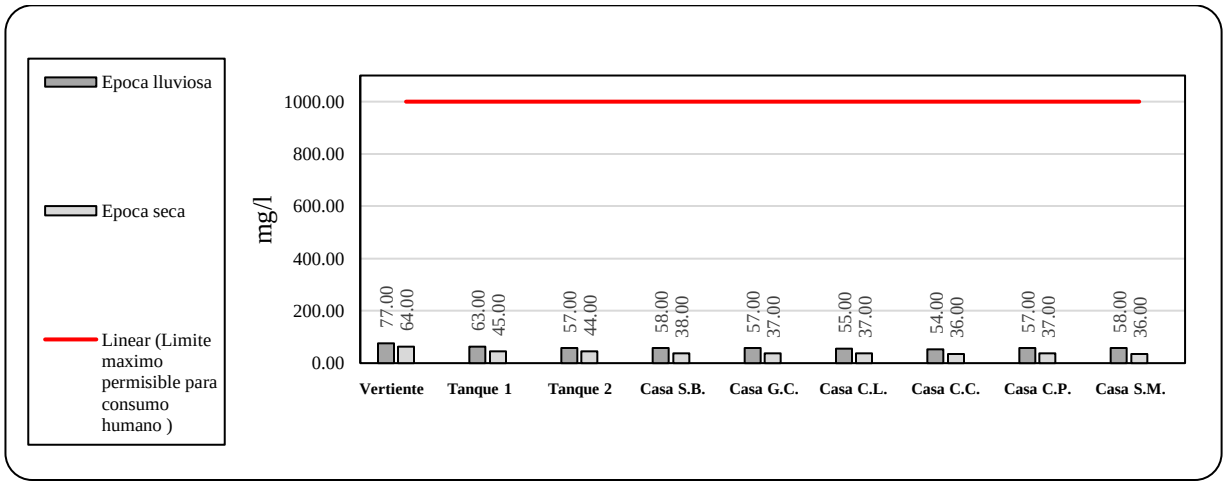
Nota. La figura representa la Valoración de la Turbidez en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre: un mínimo de 0,00 y como máximo 0,66 en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 0,00 y en época seca de 0,17. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 100 UTN, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo que se considera que es apta para el consumo humano. Según (Potabilización del agua, 2019), la turbidez es un indicativo de contaminación del agua implicando la existencia de microorganismos, sedimentos, algas, bacterias o virus provocando daños en la salud del ser humano.

Figura 10

Valoración de los Sólidos Totales



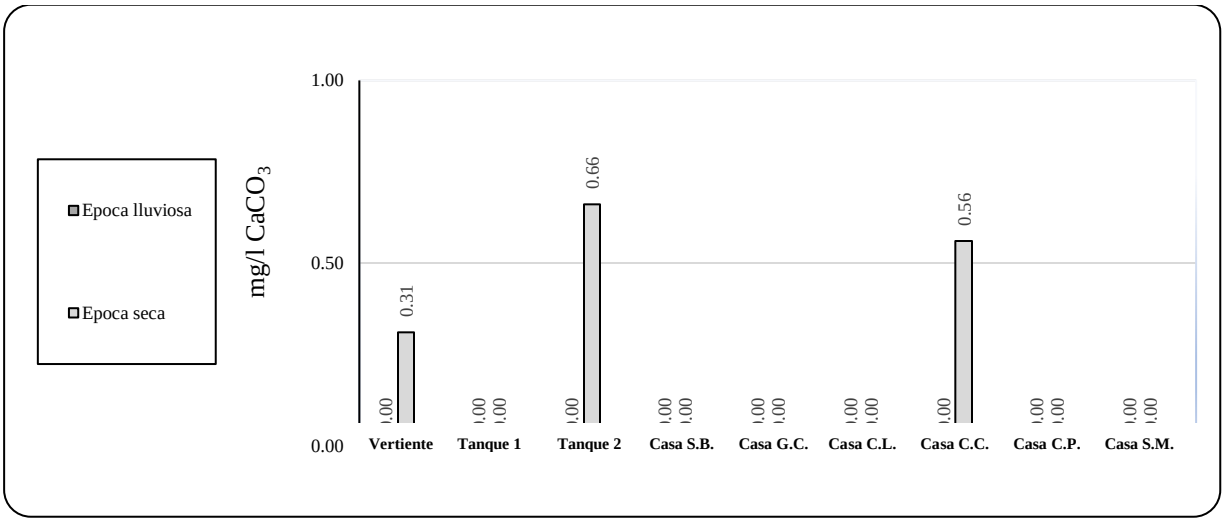
Nota. La figura representa la Valoración de los Sólidos Totales en los puntos de muestreo realizados por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes: como mínimo 36,00 mg/L y como máximo 77,00 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 59,55 mg/L y en época seca de 41,55 mg/L. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 1000 mg/L, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que es apta para el consumo humano. Según (Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos, 2019) los sólidos totales es una variable para evaluar el efecto sobre el agua de la erosión provocada por las prácticas agrícolas y el arrastre de material durante la escorrentía de agua de lluvia.

Figura 11

Valoración de la Dureza Total



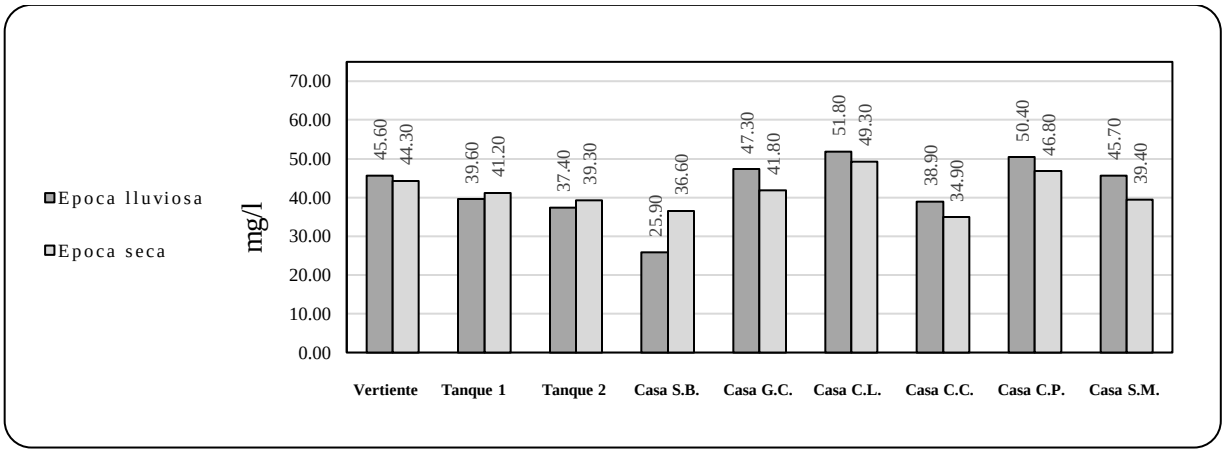
Nota. La figura representa la Valoración de la Dureza Total en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes: como mínimo 208,28 mg/L $CaCO_3$ y como máximo 308,28 mg/L $CaCO_3$, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 298,93 mg/L $CaCO_3$ y en época seca de 288,26 mg/L $CaCO_3$. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 500 mg/L $CaCO_3$, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que es apta para el consumo humano, a pesar de que es un agua relativamente dura. Según (García, 2019) la dureza del agua no tiene mayor afectación a los seres humanos por el contrario existe una afectación a los electrodomésticos de los hogares.

Figura 12

Valoración de Calcio



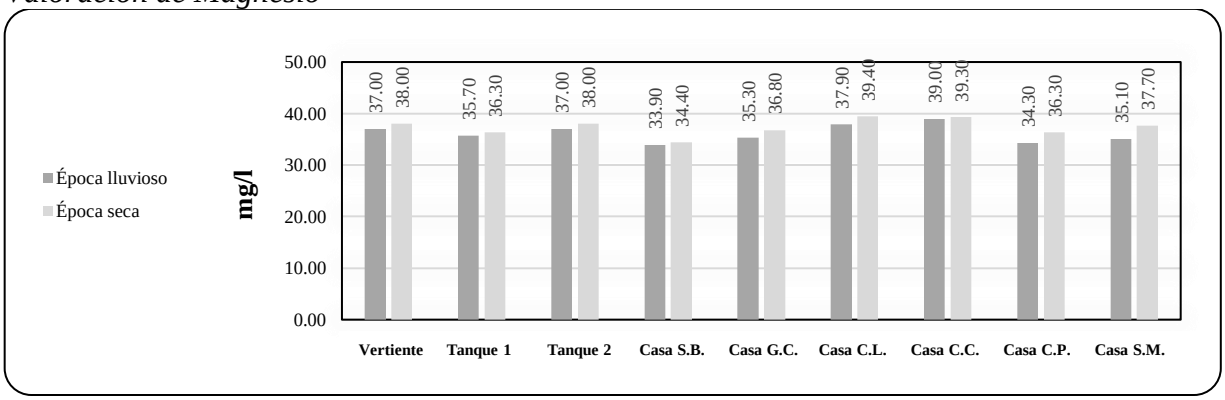
Nota. La figura representa la Valoración de Calcio en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre: como mínimo 25,90 mg/L y como máximo 51,80 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 42,51 mg/L y en época seca de 41,51 mg/L. Para este parámetro la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, agua para consumo humano no establece ningún límite.

Figura 13

Valoración de Magnesio



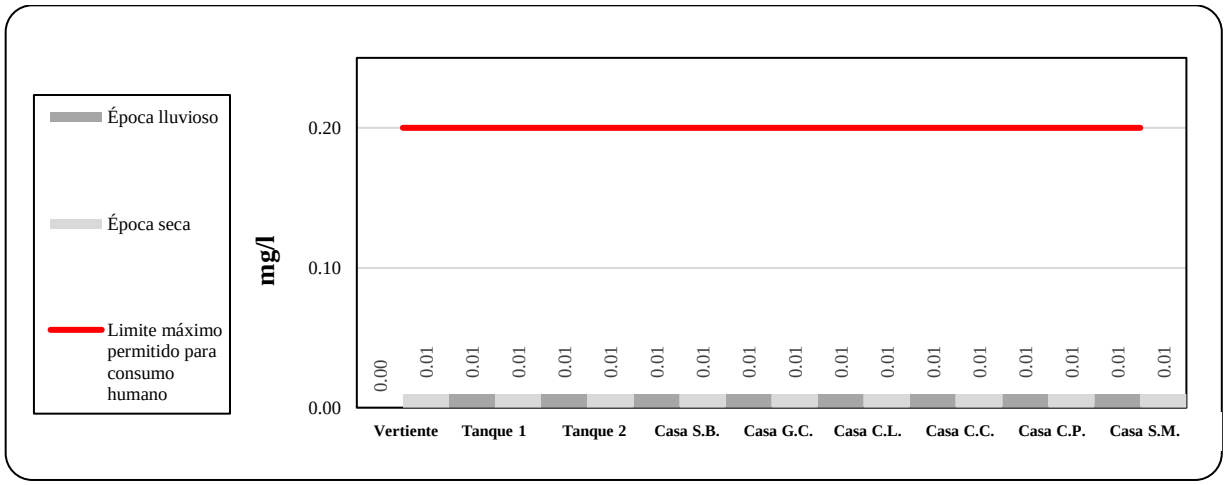
Nota. La figura representa la Valoración de Magnesio en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre: como mínimo 34,30 mg/L y como máximo 39,40 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 36,13 mg/L y en época seca de 37,35 mg/L. Para este parámetro la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, agua para consumo humano no establece ningún límite.

Figura 14

Valoración de Nitritos



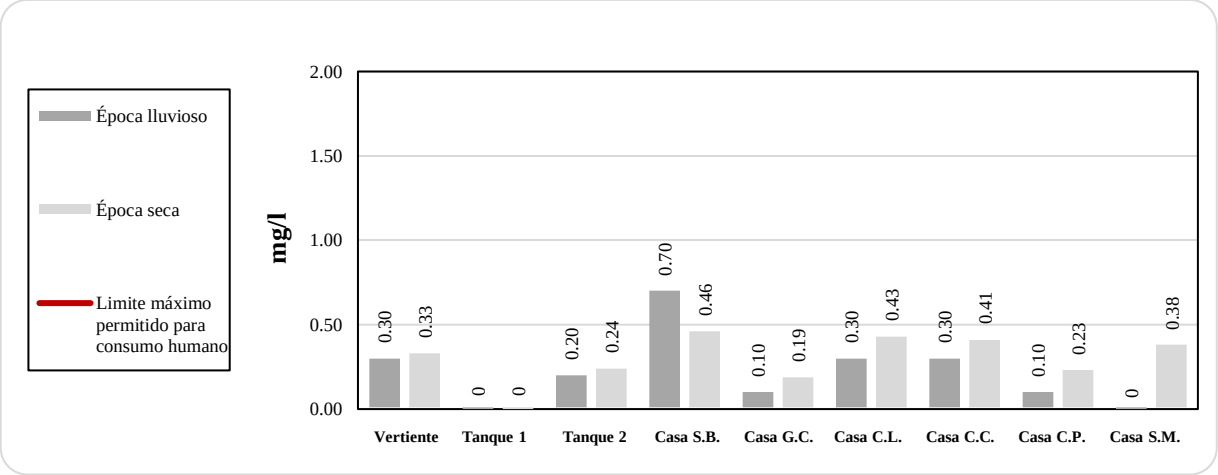
Nota. La figura representa la Valoración de Nitritos en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes: como mínimo 0,00 mg/L y como máximo 0,01 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 0,01 mg/L y en época seca de 0,01 mg/L. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 0,20 mg/L, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que esta agua es apta para el consumo humano. Según (Galaviz, 2021) la existencia de nitritos en el agua significa contaminación de carácter fecal reciente causando daños a la salud humana, la regulacion y el monitoreo de los niveles de nitritos en el agua de consumo humano es necesario para garantizar la seguridad de la poblacion.

Figura 15

Valoración de Nitratos



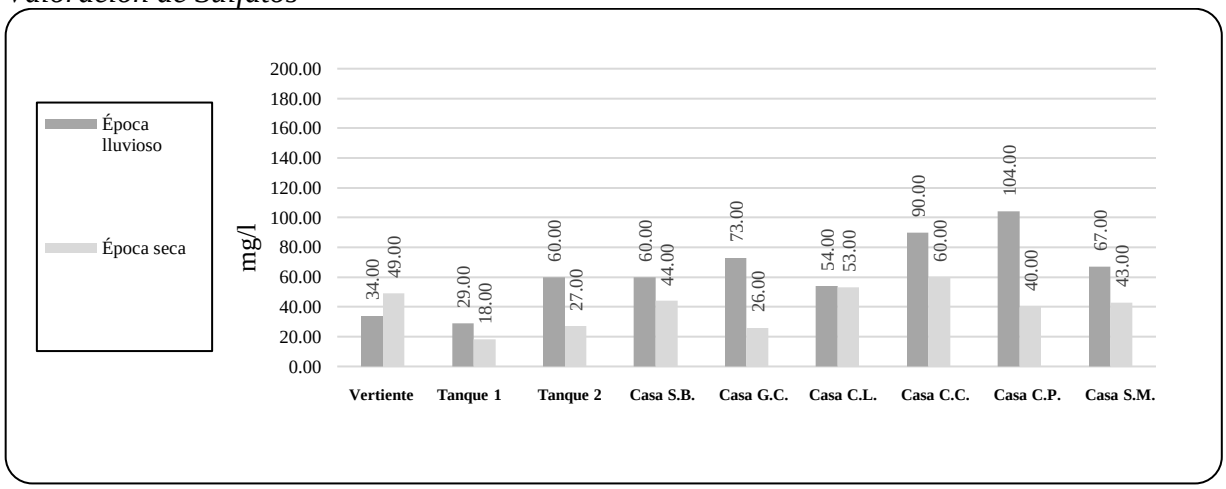
Nota. La figura representa la Valoración de Nitratos en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre: como mínimo <0,50 mg/L y como máximo 0,70 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 0,22 mg/l y en época seca de 0,29 mg/L. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 10,00 mg/L, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que esta agua es apta para el consumo humano. Según (Galaviz, 2021) el riesgo asociado alos nitratos es su conversión en nitritos en el sistema digestivo ya que estos pueden unirse a los glóbulos rojos e interferir con la capacidad de transportar oxígeno en la sangre lo que pude provocar una condición llamada comunmente como el sindrome del bebé azul.

Figura 16

Valoración de Sulfatos



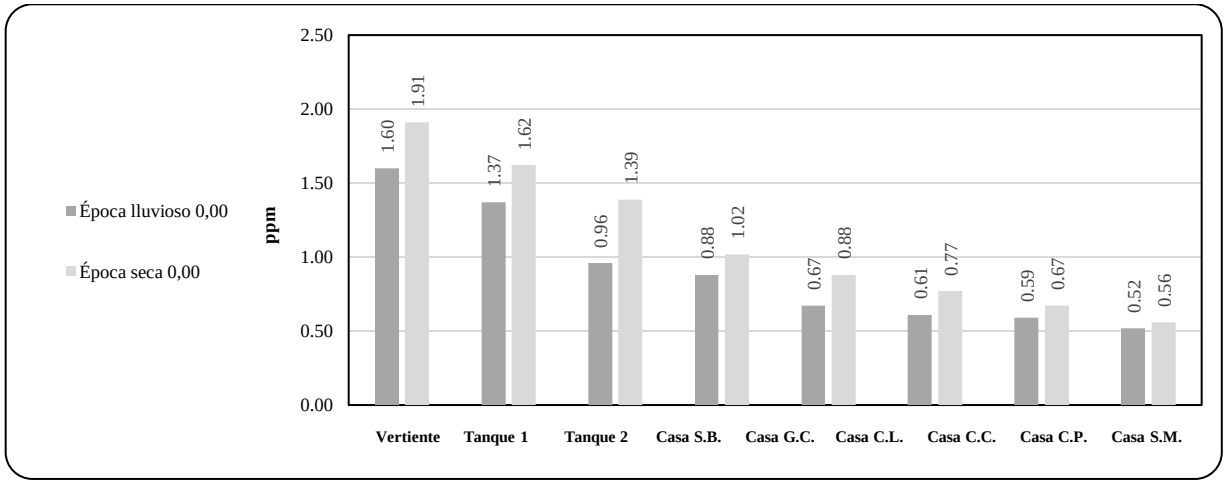
Nota: La figura representa la Valoración de Sulfatos en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes: como mínimo 26 mg/L y como máximo 104,00 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 63,44 mg/l y en época seca de 40,00 mg/L. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 400 mg/l, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, por lo cual se considera que esta agua es apta para el consumo humano. Según (Aponte, 2019) la presencia del sulfato causa un sabor agradable en el agua de consumo humano, pero en niveles muy altos causa un efecto laxante en ella.

Figura 17

Valoración de Cloro Residual



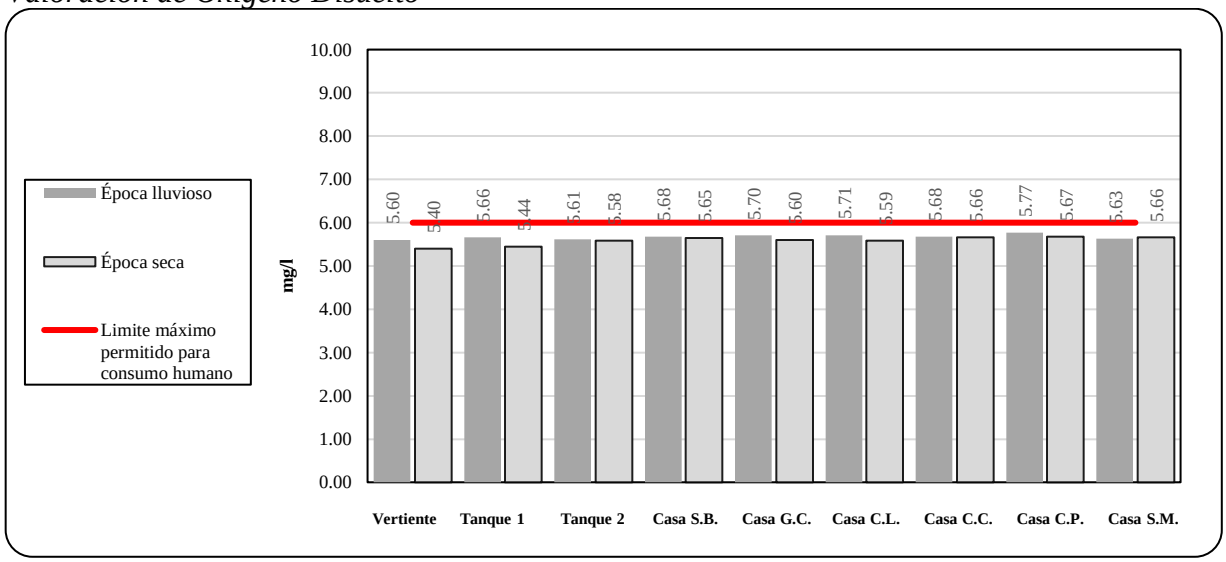
Nota. La figura representa la Valoración de Cloro residual en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los ocho puntos de estudio oscilan entre los siguientes: como mínimo 0,52 mg/L y como máximo 1,91 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 0,90 mg/L y en época seca de 1,10 mg/L. En esta gráfica, se excluyen los valores que pertenecen a la muestra de agua de vertiente ya que, durante el análisis, no se pudo realizar una buena interpretación en la lectura. Para este parámetro la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, agua para consumo humano no establece ningún límite. Según la normativa NCh 409 de Chile, la concentración residual de cloro libre en el agua potable debe estar entre los siguientes rangos, un mínimo del 0,2 mg/L y como máximo 2,0 mg/L, ademas su presencia es crucial, ya que garantiza que el agua siga protegida durante su distribucion y almacenamiento evitando asi la proliferacion de microorganismos que son nocivos provacando enfermedades como la diarrea, cólera, hepatitis, entre otras.

Figura 18

Valoración de Oxígeno Disuelto



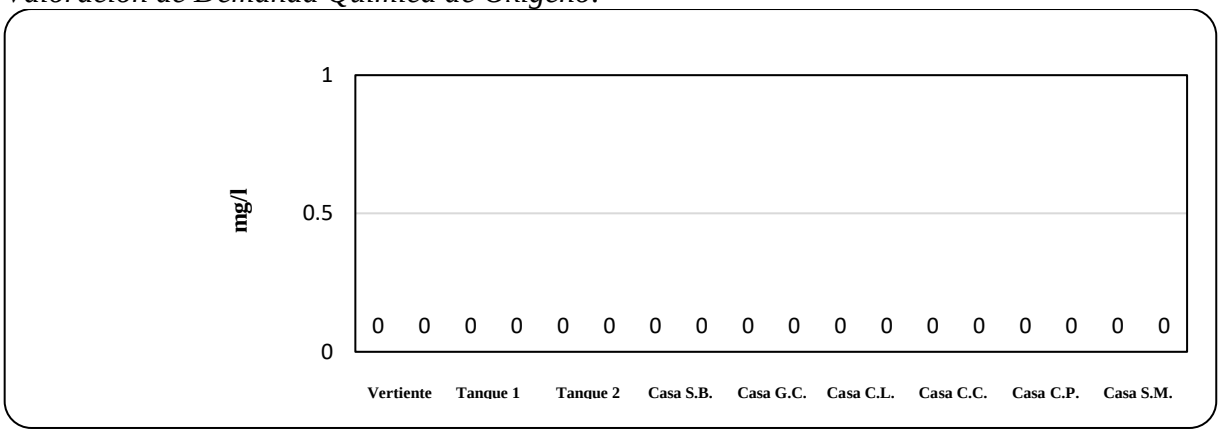
Nota. La figura representa la Valoración de Oxígeno Disuelto en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre los siguientes valores: como mínimo 5,40 mg/L y como máximo 5,77 mg/L, en ambas épocas, con un valor promedio en época lluviosa de 5,67 mg/L y en época seca de 5,58 mg/L. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 6 mg/l, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, ya que están dentro de los rangos deseables y permisibles para agua de consumo humano, un bajo nivel de oxígeno disuelto en el agua de consumo humano indica problemas en la calidad del agu, como la presencia de contaminantes o la falta de oxigenacion del agua, esto puede afectar a la calidad del agua y la salud humana.

Figura 19

Valoración de Demanda Quimica de Oxigeno.



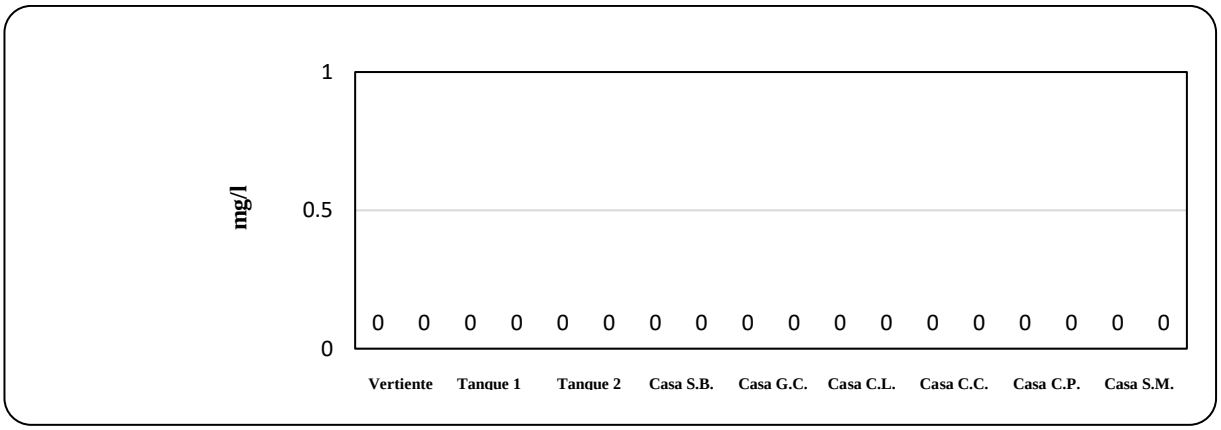
Nota. La figura representa la Valoración de Demanda Química de Oxígeno en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio tenemos como mínimo 0,00 mg/L y como máximo 0,00 mg/L, en ambas épocas. Este parámetro no se encuentra establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana dentro del TULSMA, Tabla 1, en lo que se refiere al agua para consumo humano. Según (Cárdenas, 2022) el análisis de D.Q.O. es un indicador de contaminación orgánica, se considera agua contaminada con valores superiores a 10mg/L.

Figura 20

Valoración de E. Coli



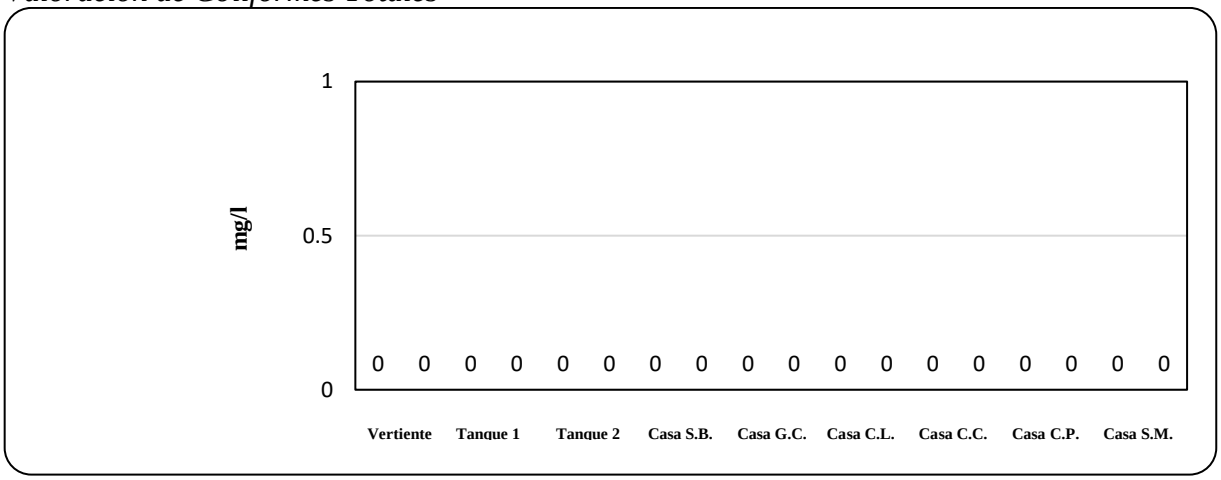
Nota. La figura representa la Valoración de *E. Coli* en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio tenemos como mínimo 0,00 nmp/100mL y como máximo 0,00 nmp/100mL, en ambas épocas. Este parámetro no se encuentra establecido en la Legislación Ambiental Ecuatoriana dentro del TULSMA, Tabla 1, en lo que se refiere al agua para consumo humano. Según (Tuesca, 2017) la presencia de *E. coli* es indicativo de una fuerte contaminación del agua que puede causar enfermedades. Salmonella es una bacteria comúnmente implicada en agua contaminada.

Figura 21

Valoración de Coliformes Totales



Nota. La figura representa la Valoración de Coliformes Totales en los puntos de muestreo realizado por el Autor.

Discusión:

Los valores de los nueve puntos de estudio oscilan entre: como mínimo 0,00 nmp/100ml y como máximo 0,00 nmp/100ml, en ambas épocas. Este parámetro en la Legislación Ambiental Ecuatoriana TULSMA, Tabla 1, establece que el límite máximo permisible es de 1000 nmp/100ml, por lo que este parámetro se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma, ya que estos datos se encuentran dentro de los límites deseables y permisibles para agua de consumo humano. Según (Tuesca, 2017) la existencia de coliformes en el agua no garantiza que consumirla cause una enfermedad. Más bien indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias y el suministro de agua.

5.3 Plan de monitoreo y muestreo

Propuesta de Monitoreo, Evaluación y Seguimiento de la calidad de agua de la Junta de Aguas de la comunidad Cuicocha del Cantón Cotacachi.

La frecuencia con la que se debe monitorear la calidad del agua depende de varios factores, incluyendo las regulaciones locales, la fuente de agua y su uso previsto.

En general, se sugiere realizar análisis de calidad del agua al menos una vez al año en esta investigacion proponemos realizarlo dos veces al año por los eventos que podrian afectar la calidad del agua, como la contrucción, practicas agricolas, contaminacion ambiental u inundaciones que son muy comunes en la Comunidad de Cuicocha y sus sectores.

- **Programación de la recolección de muestra.**

La propuesta es tomar muestras en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento de agua como es la vertiente, tanques de almacenamiento y en las viviendas.

Se propone realizar un muestreo cada 6 meses, debido al tamaño de Junta de Agua la recolección de muestras se lo puede realizar en un solo día ya que son 9 puntos de muestreo como es el punto de abastecimiento, 2 tanques de almacenamiento y en 6 casas de los 6 sectores que comprende la comunidad de Cuicocha.

- **Análisis de las muestras**

Los análisis microbiológicos tienen una gran importancia al momento de la desinfección del agua lo que no ocurre con los parámetros físicos como son el color, sabor, olor o el pH que no se relacionan con la salud de los usuarios, pero se realizan para garantizar la calidad del agua.

La OMS determinó varios parámetros para el análisis de la calidad del agua.

Análisis microbiológicos

En estos análisis el más importante es el de coliformes fecales, este análisis es el indicador más idóneo para evaluar el sistema de distribución y tratamiento del agua, al final el agua no debe tener bacterias coliformes.

Análisis físico – químico:

El cloro es el principal desinfectante utilizado en los sistemas de abastecimiento de agua para su desinfección este tiene un alto poder residual.

Sólidos totales: están constituidos por sustancias inorgánicas los cuales no son perjudiciales, pero tienen un límite máximo permisible.

El pH: este debe estar entre 6,5 y 8,5 para asegurar que el proceso de desinfección es el adecuado y evitar la corrosión.

El color y turbiedad: estos parámetros están relacionados con la desinfección del agua y nos indican la presencia anormal como el hierro o el aluminio.

La dureza: está relacionado con el sabor del agua y para el uso doméstico.

Tabla 6

Parámetros físico químicos y microbiológicos mínimos a realizarse en la Junta de Aguas de la comunidad de Cuicocha

Parámetros físico – químicos y microbiológicos

Sabor, color y olor
Turbiedad
pH
Temperatura
Conductividad eléctrica
Sólidos totales
Dureza total
Calcio
Magnesio
Cloro residual
Nitritos
Nitratos
Oxígeno disuelto
DQO
Coliformes totales
Análisis para determinar *Escherichia coli*

Nota. La tabla describe los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados en la muestra de agua recolectada en la Junta de Aguas de la comunidad de Cuicocha, elaborado por el Autor.

- **Análisis de los resultados**

Si los resultados presentan anomalías se debe suspender el servicio de inmediato y se procede a identificar las posibles causas con un enfoque a la remediación y correcciones inmediatas.

Si existe una contaminación de coliformes se debe tomar medidas correctivas inmediatamente, se debe realizar muestras diarias del punto donde exista la contaminación hasta que en 3 muestras consecutivas el valor sea el adecuado.

- **Evaluación y control**

Realizar un monitoreo permanente de los sistemas y condiciones operativas de abastecimiento de agua de suma importancia para asegurar la calidad del agua a la población. Los representantes y el encargado de la operatividad del sistema de agua deben realizar recorridos por el sistema y en las viviendas para determinar si el agua llega sin ningún problema.

6.4 Propuesta de mejoramiento de la calidad del agua

Propuesta para mejorar la calidad de agua de consumo

Se propone el ablandamiento del agua y realizar una dosificación correcta del cloro, para mantener la calidad de vida.

Para esto se proponen programas para mejorar la calidad del agua.

La implementación de un programa de monitoreo de calidad y caudal del agua, junto con un programa de educación ambiental, puede tener un impacto significativo en la mejora de la calidad del agua. Estos programas son herramientas efectivas para identificar problemas, tomar medidas preventivas y promover cambios de comportamiento que beneficien a los recursos hídricos, a continuacion algunos aspectos en los que se pueden contribuir a mejorar la calidad del agua.

Identificación temprana de problemas: El monitoreo regular de la calidad y el caudal del agua permite detectar de manera temprana la presencia de contaminantes o cambios en las condiciones del agua. Esto facilita la toma de medidas correctivas oportunas para prevenir problemas mayores y minimizar los impactos en la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos.

Control y gestión de la contaminación: El programa de monitoreo puede ayudar a identificar las fuentes de contaminación y los puntos críticos en la cuenca hidrográfica. Con esta información, se pueden implementar estrategias de control y gestión de la contaminación de manera más efectiva, como la implementación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales, regulaciones más estrictas o programas de conservación y restauración de cuencas.

Evaluación de la efectividad de las medidas: El monitoreo continuo permite evaluar la efectividad de las medidas tomadas para mejorar la calidad del agua. Se pueden realizar comparaciones a lo largo del tiempo para determinar si las acciones implementadas están teniendo un impacto positivo y ajustar las estrategias si es necesario.

Cambio de comportamiento y conciencia ambiental: Un programa de educación

ambiental dirigido a la comunidad puede promover la adopción de prácticas sostenibles y el cambio de comportamiento en relación con el uso y conservación del agua. Al aumentar la conciencia sobre la importancia de proteger los recursos hídricos, se fomenta la adopción de acciones individuales y colectivas que contribuyan a la mejora de la calidad del agua, como el uso responsable de productos químicos, la reducción de la contaminación plástica o la conservación del agua.

En resumen, la combinación de un programa de monitoreo de calidad y caudal del agua con un programa de educación ambiental puede ayudar a mejorar la calidad del agua al identificar problemas, implementar medidas de control y gestión, evaluar la efectividad de las acciones tomadas y fomentar el cambio de comportamiento hacia prácticas más sostenibles.

Programa de monitoreo de calidad y caudal del agua

Es necesario que se realice el análisis del agua en aspectos físico-químico y microbiológico para poder saber el estado actual de la calidad de agua que consume la población.

- Objetivos
    1. Tener un registro del monitoreo de cada punto de muestreo para facilitar su control.
    2. Realizar una distribución más equitativa del agua ya que todos los usuarios pagan por su consumo.
- Actividades
    1. Monitorear la calidad del agua por lo menos 2 veces al año.
    2. Realizar una medición de caudales para mantener un registro y determinar los caudales de cada año.
    3. Monitorear la oferta, demanda y déficit del agua en cada sector de la comunidad de Cuicocha

Programa de educación ambiental

En gran mayoría los sectores de la junta de agua CUICOCHA desconocen los problemas ambientales que presentan las vertientes, ahí es donde la educación entra al generar conciencia sobre los recursos naturales.

- Objetivos
    1. Formar un grupo ecológico conformado por niños y jóvenes de todos los sectores de la comunidad para enfocarlos a la protección y conservación del ambiente principalmente del recurso agua.
    2. Realizar talleres que influyan sobre la concientización ambiental de los pobladores.
- Actividades
    1. Taller sobre la importancia de las vertientes de agua para el abastecimiento de agua de consumo humano.
    2. Taller sobre la conservación de las vertientes como reservorio de agua.
    3. Taller sobre las funciones y valores de las vertientes de agua.
    4. Realizar visitas a las escuelas y colegios con la iniciativa de crear viveros de plantas nativas con el fin de reforestar en las vertientes.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Conclusiones

- En los análisis físico – químicos realizaos en la primera fase, se determinó que el recurso hídrico empleado para el suministro de agua a la comunidad cumple con la establecido con la Normas de Calidad Vigente (TULSMA) debido a la adecuada infraestructura, adecuada limpieza de los tanques de distribución y cloración, filtraciones en la red de distribución.

- En los análisis microbiológicos de coliformes totales y *Escherichia coli* se encuentran dentro de los límites permisibles.

- El estado actual de la calidad del agua de comunidad de Cuicocha está apta para el consumo humano ya que los parámetros evaluados se encuentran dentro del límite permisible según la norma sin embargo es indispensable que se implemente la propuesta de monitoreo, evaluación y seguimiento de la calidad de agua facilitara tener datos periódicos para establecer el uso adecuado del recurso teniendo como base los datos obtenidos en esta investigación.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

7.1 Recomendaciones

- Poner en funcionamiento la Propuesta de Monitoreo, Evaluación y Seguimiento de la calidad de agua de la Junta de Aguas de la comunidad Cuicocha del Cantón Cotacachi.

- Empezar una propuesta para mejorar y mantener ese mejoramiento la calidad del agua de consumo humano para la priorización y preservación del recurso hídrico.

- Realizar campañas y prevención de incendios forestales para explicar el rol que cumplen los páramos y bosques nativos en la regulación del agua.

- Estar en constante desarrollo en las obras de captación, almacenamiento, distribución externa e interna, revestimiento y mejoramiento de los sistemas con finalidad de optimización la utilización del recurso hídrico y el acceso a este bien por parte de las comunidades de la Junta de Agua de Cuicocha de una manera equitativa.

- Fortalecer la organización comunitaria con el fin de mantener la gestión de programas y proyectos de conservación, protección y recuperación de los recursos naturales mediante pagos de servicios ambientales a través de convenios con el GAD de Cotacachi.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M., y Encalada, T. (2022). Evaluación del riesgo para la salud asociado con el aluminio residual del agua potable distribuida en una zona periurbana del cantón Azogues. *Universidad de Cuenca.*

Aponte, M. (2019). Validación y documentación de la determinación de sulfatos y cloro residual libre en aguas en el laboratorio Aliscca Ltda. *Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial.*

Asamblea Nacional. (2014). LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf

Aznar, A. (2015). Determinación de los Parámetros Físico-Químicos de calidad de las aguas. *Revista interdisciplinar de gestión ambiental,* 2(23), 12-19.

Bascuñán, P. (2017). Red Ambiental de Asturias. https://medioambiente.asturias.es/detalle/-/categories/765946?_com_liferay_asset_categories_navigation_web_portlet_AssetCategoriesNavigationPortlet_articleId=786636&articleId=786636&title=El%20ciclo%20hidrológico%20del%20agua

Blanco, D. (2016). Análisis Termohidráulico del Proceso de Condensación por Contacto Directo de un Flujo de Vapor Inyectado en Agua con ANSYS Fluent. Universidad Politécnica de Madrid.

Calderón, C., Bautista, G., y Rojas, S. (2017). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. SciELO.

Camacho, A. (2020). La importancia del agua y sus cuidados. Universidad de Sevilla.

Cárdenas, J. (2022). Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales. *Eco Ediciones.*

Carrera, C., y Fierro, K. (2014). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos

como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*.

Casanueva, S. (2018a). Ciclo integral del agua: gestión y financiación sostenible en la experiencia de España y Chile. *Universidad Complutense Madrid.*

Cerón, L., Sarria, J., Torres, J., y Soto, J. (2020). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. InfoTec: Información Tecnológica, 32(1), 47-56. https://doi.org/dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047

Chang, N. (2018). Metodología para llevar a cabo la perforación de un pozo exploratorio y/o productivo de agua. *Universidad de Sonora.*

Conserve Future Energy. (2017). The Hydrologic Cycle. *Elsevier,* 2(2), 115-122.

Coyago, J. (2018). Guía de Interpretación 3MTM PetrifilmTM Placas para Recuento de Aerobios. *3M Microbiology.*

Díaz, L., y Alarcón, J. (2018). Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare. Universidad Católica de Colombia.

Discovery. (2015). Water.

Gerhardt, T. (12 de Octubre de 2019). United State Geological Survey. USGS: https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish

Ente Provincial del Agua y Saneamiento. (2014). Agua potable. https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Férnandez, M.L. (2019). Análisis de Aguas. *Universidad de Jaén* http://www4.ujaen.es/~mjayora/docencia_archivos/Quimica%20analitica%20ambiental/tema%2010.pdf

Fernández, M. T. (2017). Microbiología de Agua: Coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli. ICIDCA,* 2(51), 70-73.

Fernández, E. (2018). La calidad de las aguas en función de su uso. *Grafinet.*

Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. (2019). *Ediciones Diaz de Santos S.A.*

Flores, G. (25 de Junio de 2021). *CONAHCYT*. Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías: https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Procesos-biotecnologicos--La-salud-de-los-microorganismos-si-importa/211

García, Á. (2019). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. *Instituto Geológico y Minero de España.*

Galaviz, I. (2021). Contaminación del agua con nitratos y nitritos. *Editorial Académica Española.*

Gil, A., Vizcaino, C., y Montaño, N. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA) Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche Monagas, Venezuela. Anales Científicos, 79(1), 111-119.

Gómez, S., Salazar, C., y Longo, M. (2016). Diversidad y biomasa de macroinvertebrados asociados a cuatro tipos de sustratos en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. *Biota Colombiana.* 17(2), 20-38. https://doi.org/dx.doi.org/10.21068/C2016v17s02a02

González, N., Zapata, I., Gaona, R., Aguayo, A., Camacho, A., y López, L. (2015). Balance hídrico: un marcador pronóstico de la evolución clínica en pacientes críticamente enfermos. Revista de la Asociación Mexicana de Medicina Crítica y Terapia Intensiva, XXIX (2), 70-84.

Helmenstine, A. M. (2018). Water Definition in Chemistry. *ThoughtCo. https://www.thoughtco.com/definition-of-water-in-chemistry-605946*

Lenntech. (2016). FAQ De la Contaminación Del Agua. *Lennetech.*

Leonard, V. (2015). Calidad del Agua. *Universidad de California - San Francisco.*

Macías, S. (2022). Propiedades Fisicoquímicas del agua. Universidad de Guayaquil.

Manzur, A., & Cardoso, J. (2015). Velocidad de evaporación del agua. SciELO, 61, 31-34.

Mariñas, C. (2019). Percolación: Pruebas y procedimientos. Universidad Técnica del Perú.

Mejía, J. (2013). Estudio sobre la Calidad del agua potable del Cantón Gualaquiza. *Universidad de Cuenca.*

Mendoza, C. (2019). Análisis comparativo de la escorrentía para diseño de alcantarillado. Universidad de Coruña.

Ministerio de Agricultura, P. y A.E. (2016). Aguas Superficiales. *Control Sanitario.*

https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Naciones Unidas. (2015). El agua, fuente de vida [2005–2015]. *Naciones Unidas.* https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/

Osuna, S., Suarez, G., Osuna, E., Peraza, Á., Ortega, G., y Gutiérrez, R. (2017). Modelo de condensación de humedad del aire para la generación de agua utilizando como fuente de energía, las energías renovables. RITI, 5(9).

Ordóñez, C. (2022). Determinación de fosfatos mediante espectrofotometría uv/visible y método estándar de adición en aguas de las lagunas: Yahuarcocha, Cuicocha y San Pablo; relación con su estado trófico. *Universidad Central del Ecuador.*

Orellana, J. (2019). Tratamiento de las aguas. *Ingeniería Sanitaria UTN.*

Organización Mundial de la Salud. (2017a). Agua, saneamiento e higiene. *OMS.* https://www.paho.org/es/temas/agua-saneamiento

Organización Mundial de la Salud. (2017b). Guías para la calidad del agua potable. *PAHO: Pan American Health Organization.* https://iris.paho.org/handle/10665.2/712

Pachés, M. (2019). El agua en el suelo: Fuerzas de retención. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Paredes, J. (2013). Importancia del agua. *Revista Científica: Dominio de las Ciencias,* 2(4), 334-345.

Potabilización del agua. (2019). *Editorial Elearning, S.L.*

Pradana, J. (2019). Criterios de calidad y gestión del agua potable. *UNED.*

PubMed Health. (2016). Potable Water (Drinking Water). https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28025598/

Ramírez, F. (2015). Tratamiento de Desinfección del Agua Potable. *CanalEduca.*

Ramírez, F. (2017). El muestreo del agua: Toma y conservación de muestras. *El Agua Potable.*

Ramos, R. (2014). Estudio de la calidad del agua de las fuentes de agua subterránea del Alto Palancia. Universidad Politécnica de Valencia.

Reascos, B., y Yar, B. (2015). Evaluación de la calidad del agua para el consumo humano de las comunidades del cantón Cotacachi y propuesta de medidas correctivas. *Universidad Técnica del Norte.*

Rock, C., y Rivera, B. (Marzo 2014). La Calidad del Agua, E. coli y su Salud. *College of Agriculture and Life Sciencies: Cooperative Extension.*

Rodríguez, J., Castellanos, A., Partida, L., y Velázquez, T. (2015). Evapotranspiración y coeficientes de cultivo de chile bell en el Valle de Culiacán, México. Terra Latinoamericana, 33(3), 209-219.

Rodríguez, J., García, C. y García J. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista Salud Pública,* 18(5), 738-745.

San Román, J. (2015). Precipitaciones. Universidad de Salamanca.

Sánchez, L. (2015). REFORMAR EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE. REFORMAR EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf

Secretaría Nacional del Agua. (2016). Estrategia Nacional de Agua Potable. *iAgua.* https://www.iagua.es/noticias/ecuador/senagua/16/02/19/senagua-presenta-estrategia-nacional-agua-potable-y-saneamiento

Tuesca, R. (2017). Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. *Universidad del Norte.*

Vaquero, P., y Toxqui, L. (2016). Propiedades y funciones biológicas del agua. CSIC.

Vázquez, E. (21 de agosto de 2017). Contaminación del agua: causas, consecuencias y soluciones. *AGUA.* https://agua.org.mx/contaminacion-del-agua-causas-consecuencias-soluciones/