



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE BIOFARMACIA

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE QUÍMICA FARMACEUTA**

AUTORA: DIGNA YADIRA ALBARRACIN SOLIS

DIRECTORA: B.Q.F. PAULA ELIANA BLANDÍN LITUMA, MSC.

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradúe en los
50 años de La Cato!*

CENTRO DE IDIOMAS

RESUMEN

Introducción: la transmisión de microorganismos patógenos a través del agua y por consiguiente las enfermedades que traen a consecuencia todavía siguen siendo un problema de salud pública; la OMS ha registrado cada año millones de muertes por enfermedades comunes de transmisión por agua y alimentos entre las cuales se encuentra la diarrea que afecta principalmente a la población vulnerable como son los niños menores de 5 años.

Objetivo general: con la presente investigación se analiza la literatura existente referente a la calidad microbiológica del agua potable a nivel nacional.

Metodología: la presente se trata de una investigación documental de revisión bibliográfica, para la cual se utilizarán los recursos digitales proporcionados por la Universidad Católica de Cuenca y artículos publicados en el periodo de estudio.

Resultados: se obtuvo información relevante que permitió hacer un análisis y valoración de la calidad microbiológica del agua potable y en lo que respecta al abastecimiento público aún deficiente a nivel nacional.

PALABRAS CLAVE: AGENTE PATÓGENO, AGUA POTABLE, COLIFORMES FECALES, *CRYPTOSPORIDIUM PARVUM*, *ESCHERICHIA COLI*, *GIARDIA LAMBLIA*, NORMA INEN.

CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

Introduction: The transmission of pathogenic microorganisms through water, and consequently, the diseases they bring as a consequence is still a public health problem. The WHO has registered millions of deaths each year owing to common water and foodborne diseases, amongst which is diarrhea that mainly affects the vulnerable population such as children under 5 years of age.

General objective: This study analyzes the existing literature on the microbiological quality of drinking water nationwide. **Methodology:** This is documentary research of bibliographic review, for which digital resources provided by the Catholic University of Cuenca and articles published during the study period will be used.

Results: Relevant information was obtained that allowed analysis and evaluation of the microbiological quality of drinking water and the public water supply, which is still deficient at the national level.

KEYWORDS: PATHOGEN, DRINKING WATER, FECAL COLIFORMS, CRYPTOSPORIDIUM PARVUM, ESCHERICHIA COLI, GIARDIA LAMBLIA, INEN STANDARD (ECUADORIAN INSTITUTE OF STANDARDIZATION, IN ENGLISH)

Cuenca, 20 de abril de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO



cn=DR. WLADIMIR QUINCHE ORELLANA
gn=DR. WLADIMIR QUINCHE ORELLANA
c=Ecuador i=EC o=UNIVERSIDAD CATOLICA
DE CUENCA ou=UNIVERSIDAD CATOLICA DE
CUENCA e=wladimir.quinche@ucacue.edu.ec
Documento certificado digitalmente por
COVID-19
Matriz: Cuenca - ECUADOR
2021-04-20 12:03:05:00

Dr. Wladimir Quinche Orellana Msc.
SECRETARIO CENTRO DE IDIOMAS

www.ucacue.edu.ec

ABREVIATURAS

CDS: Comisión del Desarrollo sustentable

DMQ: Distrito Metropolitano de Quito

EMAPAG: Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Guayaquil

EMAPAL: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado

EPMAPS: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

ETAPA: Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca

FISE: Fondo de Inversión Social de Emergencia

INEC: Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos

ISO: Organización Internacional de Estandarización

NMP: Número más probable

NOM: Norma Oficial Mexicana

NTE INEN: Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización

ODS: Objetivos del Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

OMS: Organización Mundial de la Salud

pH: Potencial Hidrógeno

PI: Planta de Tratamiento Plan Internacional

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

ÍNDICE

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ABREVIATURAS.....	III
ÍNDICE	IV
DEDICATORIA.....	VII
AGRADECIMIENTOS:	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	3
I.1.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.	4
I.2.- JUSTIFICACIÓN	5
I.2.1.- PREGUNTA CIENTÍFICA:	6
I.3.- OBJETIVOS	6
I.3.1.- Objetivo General:	6
I.3.2.- Objetivos Específicos:.....	6
CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....	7
II.1.- DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	8
II.1.1.- Tipo de investigación	8
II.1.2.- Universo de estudio, tratamiento muestral y muestra	8
II.1.3.- Métodos, técnicas e instrumentos de investigación o recolección de datos	8
II.2.- ASPECTOS ÉTICOS.....	9
CAPÍTULO III EL AGUA.....	10
III.1.- ANTECEDENTES.....	11

III.2.- GENERALIDADES	12
III.3.- CICLO HIDROLÓGICO	13
III.4.- COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NATURALES	14
III.5.- PROPIEDADES DEL AGUA.....	14
III.5.1.- Propiedades físicas.....	14
III.5.2.- Propiedades químicas.....	15
III.5.3.- Funciones biológicas.....	16
III.6.- CLASIFICACION DEL AGUA	16
III.6.1.- Según su estado físico	16
III.6.2.- Según su dureza	17
III.6.3.- Según sus condiciones de potabilidad	17
III.6.4.- Por su salinidad.....	17
III.6.5.- Por su localización en la hidrósfera.....	17
III.7.- CONTAMINACIÓN DEL AGUA	18
III.7.1.- Tipos de contaminación	18
III.7.2.- Contaminación del agua según su naturaleza	19
III.8.- AGUA POTABLE	20
III.8.1.- Calidad del agua potable	20
III.8.2.- Proceso de potabilización del agua.....	26
CAPÍTULO IV ENTE REGULATORIO DEL AGUA POTABLE EN EL ECUADOR	28
IV.1.- NORMA INEN 1108	29
IV.2.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMA INEN 1108 CON ESTUDIOS EN EL PERIODO 2010-2019.....	33
CAPÍTULO V ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMA INEN 1108 FRENTE A NORMAS INTERNACIONALES.....	40

V.1.- GUÍAS PARA EL AGUA POTABLE EMITIDAS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES	41
V.1.1.- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD	41
V.2.- NORMAS ISO	42
V.3.- MÉTODOS ESTANDARD “STANDARD METHODS”	43
México:	47
Colombia:	48
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
VI.1.- CONCLUSIONES	51
VI.2.- RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53

DEDICATORIA:

A mi hija Emma Sofia, la razón de ser e inspiración en mi vida, persona por la cual el deseo de superarme cada día es más grande.

A mis padres Mesias Albarracin y Blanca Solis por haber sido mis compañeros incondicionales en las diferentes etapas de mi vida, por haberme inculcado los mejores valores y por enseñarme a nunca darme por vencida a pesar de las adversidades de la vida y que gracias a ellos hoy es una realidad este logro en mi vida.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios, por su infinito amor y por ser la luz de mi camino cada día brindándome la sabiduría necesaria para llegar hasta el final de mi carrera profesional.

A la Universidad Católica de Cuenca y a los docentes de la Carrera por haber apoyado con gran entusiasmo y dedicación todo mi trayecto estudiantil, en especial a mi directora de tesis B.Q.F Paula Blandín, por el tiempo y dedicación brindado a este trabajo.

A toda mi familia, en especial a mi esposo por ser parte importante de mi vida y por toda la paciencia, comprensión y apoyo brindado a lo largo de este tiempo.

I. INTRODUCCIÓN

Es considerada agua potable aquella cuyas características físicas, químicas y microbiológicas cumplen con los parámetros requeridos para ser considerada apta para el uso y consumo humano, es decir no ocasiona daños ni afecciones a la salud.

El agua es considerada un medio de transporte de un sin número de patógenos que pueden ocasionar enfermedades al ser humano, ya sea mediante el consumo o simplemente al entrar en contacto con la piel, pudiendo así ocasionar enfermedades de diferente magnitud. A lo largo de la historia y hasta la actualidad se han registrado casos de enfermedades transmitidas por el agua, ya sea de consumo humano o no; por lo que radica la importancia de realizar un estudio investigativo sobre la calidad del agua potable a nivel nacional y por ende un estudio secundario sobre su distribución a nivel del país.

En el país destacan las ciudades de Cuenca, Guayaquil y Quito por tener importantes empresas de abastecimiento de agua; donde resulta preocupante las deficiencias que se presentan en la calidad del agua, y aún más alarmante saber que actualmente existen sectores vulnerables que no disponen de abastecimiento de agua para su consumo mediante una red de distribución pública y por consiguiente no se garantiza el acceso al agua de calidad.

En Ecuador el ente regulatorio de agua potable es la Normativa INEN 1108, la cual se encarga de establecer parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se deben cumplir al momento de la distribución de agua potable, con el fin de evitar brotes infecciosos a causa de microorganismos de interés clínico; sin embargo no existe un ente encargado que garantice la accesibilidad al líquido vital en todo el país.

Mediante un estudio realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos durante el año 2010 con proyecciones hasta el 2016, es posible acceder a datos a

nivel nacional donde se revela la realidad que se vive en pleno siglo XXI con la deficiencia en la distribución de agua potable a nivel nacional.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

I.1.- PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

- **Situación problemática:** Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2015 cada año se registran 4000 millones de casos de diarreas asociadas a deficiencias del saneamiento de agua y 1.8 millones de personas mueren a causa de esta enfermedad donde la mayoría de afectados son niños menores de 5 años (1) (2) (3).

Se estima también que el 90% de las intoxicaciones y transmisión de enfermedades por el agua a nivel mundial es a causa de la contaminación microbiológica, ya que el agua es un factor idóneo para la reproducción y ciclo de vida de ciertos patógenos como: *Giardia lamblia*, *Entamoeba coli*, *Entamoeba histolytica*, *Yersinia enterocolítica*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, *Hepatitis A* y *E*, entre otros; que constituyen un problema de salud a nivel mundial, debido a que causan enfermedades de diferente magnitud en el ser humano (1) (2) (3).

El agua potable es considerada por la OMS como adecuada para el consumo humano y para su uso doméstico incluyendo la higiene personal, sin embargo está expuesta a una variedad de factores que alteran su calidad provocando la proliferación de microorganismos que pueden resultar perjudiciales para la salud de los consumidores. Entre los factores que aportan a la contaminación de aguas superficiales, generalmente se hallan pesticidas, fertilizantes y heces de animales producto de la ganadería desarrollada cerca de las fuentes de agua; por lo tanto, es necesario realizar ensayos microbiológicos, físicos y químicos que permitan comprobar que los valores se mantengan dentro de lo establecido por la NTE INEN 1108 para agua potable (1) (4) (5).

En Ecuador aún existen limitaciones en la disponibilidad de agua de calidad, pues no todo el país cuenta con sistemas de potabilización de agua, así, en zonas rurales del país aún existen sistemas que provee a los habitantes de agua entubada, a veces provenientes de ríos contaminados, que también constituyen un problema de salud pública; según datos

tomados del INEC en 2013, los índices de morbilidad generales oscilan entre el 9% y 14% asociados a diarreas y gastroenteritis de origen infecciosa que están relacionadas con el consumo de agua contaminada (4).

Hasta el año 2008 en Ecuador la tasa de prevalencia de parasitosis intestinales era del 65.5% en la población infantil, aunque no se asocia directamente al agua como factor causante de las parasitosis intestinales. También en un estudio realizado en Antioquia, Colombia para determinar la prevalencia de parasitosis en niños menores de 12 años se obtuvo como resultado que más del 84% de la población de estudio presentó parasitismo, y se estimó que se debía a la presencia de protozoos en el agua potable para consumo (6).

I.2.- JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional existen antecedentes relacionados a la ineficacia del tratamiento de agua potable, lo que conlleva a un problema de salud pública debido a que los microorganismos presentes en el agua son responsables de patologías que afectan a los seres humanos, principalmente a grupos de personas vulnerables como los niños, que resultan ser los más afectados por parasitosis o casos de diarreas causadas por bacterias patógenas.

Con la presente investigación se pretende verificar mediante revisiones bibliográficas la eficacia del tratamiento de agua en la eliminación de los microorganismos responsables de diferentes enfermedades, debido a que las plantas de potabilización son las encargadas de distribuir y suministrar agua potable, limpia, segura y de calidad a los hogares para su uso en todas las actividades diarias incluyendo el aseo personal. De esta manera se pretende contribuir al desarrollo científico, mediante una investigación documentada donde se plasme información relevante sobre la temática propuesta.

Los beneficios educativos que se obtendrán mediante esta investigación se basan en la documentación de los resultados obtenidos, datos que posteriormente

servirán para estudiantes e investigadores en el desarrollo de temas de calidad de agua potable. Así como el estudiante gestor de este proyecto es uno de los beneficiarios, cuyo alcance es de índole educativo; puesto que permitirá ampliar los conocimientos mediante la práctica y desarrollo de habilidades y destrezas adquiridas durante su vida académica; que le permitirán obtener su titulación de Química Farmaceuta.

Los beneficiarios indirectos de esta investigación será la población en general, ya que los resultados obtenidos pueden aportar a resolver problemas con respecto a la calidad del agua potable de ciertos sectores o comunidades.

I.2.1.- PREGUNTA CIENTÍFICA:

¿El abastecimiento de agua potable a nivel nacional es eficiente y de calidad?

I.3.- OBJETIVOS

I.3.1.- Objetivo General:

- Analizar la literatura con información referente a la calidad microbiológica del agua potable.

I.3.2.- Objetivos Específicos:

- Comparar valores establecidos para microorganismos según la Norma INEN con valores de estudios relacionados y desarrollados en el periodo 2010- 2019.
- Analizar los parámetros establecidos en la normativa nacional vigente con normas internacionales de agua potable.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

II.1.- DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

II.1.1.- Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada fue de tipo documental, realizada mediante revisión bibliográfica informativa, basada en la búsqueda de publicaciones de artículos de investigación relacionada a la calidad de agua potable y de tal modo alteraciones en los valores microbiológicos tolerados por la Norma INEN 1108 para agua potable.

II.1.2.- Universo de estudio, tratamiento muestral y muestra

La información necesaria para la presente investigación fue obtenida y recolectada de las bases de datos científicas que proporciona la Universidad Católica de Cuenca en las cuales se incluyen revistas indexadas tales como Redalyc, Scielo, Scopus, Elsevier, Google académico. También se incluyó la biblioteca digital de la Universidad Católica de Cuenca, además de artículos científicos y tesis nacionales e internacionales publicados en inglés y español durante el periodo de investigación.

- **Criterios de inclusión:**

- Artículos publicados durante el periodo 2010-2019.
- Artículos originales y meta-análisis en español e inglés.
- Artículos de origen nacional e internacional.

- **Criterios de exclusión:**

Artículos publicados fuera del periodo de estudio.

II.1.3.- Métodos, técnicas e instrumentos de investigación o recolección de datos

La información requerida para el estudio se buscó utilizando palabras claves como: agua potable/ calidad microbiológica/ Ecuador/ Norma INEN/ Calidad del agua potable/parámetros microbiológicos/. Para una búsqueda más específica se utilizó operadores booleanos, que son palabras que permiten conectar de forma

lógica la variable principal en este caso agua potable con otras palabras claves de la revisión utilizando “AND, OR, NOT”. Para el almacenamiento de información y posterior introducción de las normas Vancouver se utilizó el gestor bibliográfico Zotero.

II.2.- ASPECTOS ÉTICOS

La información de la presente investigación fue obtenida mediante la búsqueda en artículos y documentos científicos de las diferentes bases digitales que proporciona la universidad, para posteriormente plasmarla en un documento de forma veráz y clara, sin modificarla ni ocultarla, para que el lector tenga acceso a datos reales y relevantes de la temática investigada.

CAPÍTULO III

EL AGUA

III.1.- ANTECEDENTES

La transmisión de enfermedades por el agua es un problema que no se ha logrado erradicar desde hace muchos años atrás, las epidemias más importantes se documentaron en Estados Unidos e Inglaterra en los años ochenta donde los principales causantes fueron los patógenos protozoos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en un 54%, el uso de agua subterránea y superficial no tratada en un 31% y las deficiencias en los sistemas de agua en un 12% (7).

A pesar de la potabilización del agua existen ciertos microorganismos que prevalecen en ella afectando su calidad microbiológica, como es el caso de la población en Valle de Juárez, Chihuahua donde en un estudio se evidenció alta incidencia de parásitos gastrointestinales como *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* en el 92,3% de los sitios evaluados y en un 92,8% se evidenció la presencia de coliformes totales (8).

Las enfermedades diarreicas y parasitosis intestinales son los principales problemas de salud que se presentan debido al consumo de agua contaminada, un estudio realizado en la ciudad de Manta, Barrio Jocay en 2013 reveló que se reportaban 419 amebiasis, 126 parasitosis intestinales, 2 casos de enfermedades intestinales por protozoarios y 5 casos de giardiasis. De igual manera 169 casos de diarrea y gastroenteritis y 19 casos de otras infecciones de origen microbiológico especificado (9).

En un estudio realizado por Mónica Santos, Verónica Santos y Fernanda Pizarro en un Centro Educativo Bilingüe de la Comunidad de Quilloac de la Provincia de Cañar, se evidenció la prevalencia de parasitosis intestinal en 112 estudiantes que participaron del estudio y se encontraban en el rango de edad de 6 a 13 años; identificando mediante exámenes coproparasitarios que los organismos de mayor prevalencia fueron en un 59,8% los quistes de *Entamoeba histolytica* seguido de los quistes de *Entamoeba coli* en un 24,3%, en menor proporción *Áscaris lumbricoides*, quistes de *Giardia lamblia*, huevos de *Trichuris trichura*, huevos de *Taenia nana* y trofozoítos de *Entamoeba histolytica* (10).

De igual manera se determinó que el agua potable que se consumía en el centro Educativo de la comunidad de Quilloac, no cumplía con los parámetros microbiológicos establecidos en la NTE INEN 1108, pues la norma establece para coliformes fecales y totales un valor <2 NMP/100 ml y en el análisis de las muestras tomadas del centro educativo se encontraron valores de 8NMP de coliformes fecales y 63 NMP de coliformes totales, por lo tanto, el agua del establecimiento se consideró no apta para el consumo humano (10).

En la parroquia Guapán del cantón Azogues, se realizó un estudio comparativo de la calidad de agua de las diferentes redes de abastecimiento, los resultados obtenidos demostraron que la planta y red de distribución perteneciente a EMAPAL cumplen con los requisitos establecidos por la NTE INEN, mientras que en la planta de tratamiento del FISE se evidencia valores mayores a 1NMP/ 100ml de coliformes fecales y totales debido a un proceso deficiente de cloración y en la PI se evidenciaron valores iguales a 1 NMP/100ml de coliformes fecales de igual manera incumpliendo la norma vigente para agua potable (11).

En el cantón Chordeleg, provincia del Azuay, en el año 2016 mediante un estudio realizado por López Adrián y Ochoa Johana, se determinó que el 48% de la población presentaba parasitismo, entre los cuales se encuentran personas que no disponen del servicio de agua potable y la consumían directamente sin ningún proceso de tratamiento. De igual manera dentro de la población que contaba con el servicio de agua potable se reportó un alto porcentaje de monoparasitismo, por lo que se recomendó a las autoridades una educación higiénico- sanitaria dirigida a la comunidad en general, el tratamiento adecuado del agua para mejorar su calidad y garantizar el acceso al líquido vital (12).

III.2.- GENERALIDADES

El agua es considerada el componente más abundante en la tierra, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre. El volumen de agua aproximado en el planeta es de 1386 millones de metros cúbicos, considerando que el 97% corresponde al agua de los mares y océanos y tan solo el 3% es agua dulce. Al

mismo tiempo del total de agua dulce casi el 80% está congelado en los glaciares y cascos polares, 19% es agua subterránea y tan solo el 1% es agua dulce superficial (13) (14).

Es considerada como un recurso esencial para el desarrollo de la vida, se encuentra en los seres vivos de forma intracelular en unos dos tercios aproximadamente y el tercio restante es agua extracelular. También para los organismos unicelulares y acuáticos el agua es su medio ambiente. Sin ella el desarrollo de la vida no sería posible (15).

El agua tiene una estructura molecular simple, está formada por dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, unidos mediante enlaces covalentes, tiene distribución irregular de la densidad electrónica, presenta una carga positiva por un lado y una negativa por el otro, razón por la cual las moléculas de agua se atraen unas a otras. En cada molécula de agua los hidrógenos forman un ángulo de 104.5° entre ellos, razón por la cual el agua es una molécula polar con capacidad de unirse a otras sustancias polares. Es una sustancia sin color, sin olor y sin sabor, en gran cantidad y a profundidad se la puede observar de color azulado o verdoso, debido al reflejo de la luz (14).

III.3.- CICLO HIDROLÓGICO

Proceso por el cual se describe la ubicación y el movimiento del agua en nuestro planeta. Lo que establece una circulación del agua entre océanos, atmósfera y litósfera o biósfera de forma permanente; transfiriendo el agua del planeta de un lugar a otro en sus diferentes estados abasteciendo a plantas, animales y al hombre (16) (17).

Inicialmente cuando el sol calienta, el agua superficial se evapora, asciende hacia la atmósfera, proceso denominado evaporación; una vez en la atmósfera se produce la condensación donde el vapor se enfría y se forman las nubes, esta humedad de las nubes es transportada por el viento a diversos lugares donde se precipita en forma líquida (lluvia), sólida (nieve), o de condensación (rocío) dependiendo del clima donde descienda. En el proceso de precipitación el agua puede regresar directamente a la atmósfera por evaporación. El agua que cae

sobre la superficie de vegetales también se evapora y regresa a la atmósfera (16) (17).

Solo el agua que cae directamente al suelo será la que continúa con el ciclo hidrológico, puede caer sobre superficies líquidas como ríos, lagos, lagunas, entre otros. Otra parte que cae en la superficie dará lugar a la escorrentía, que llega a los cauces de los ríos y a través de estos al mar, parte del agua que se precipita en la tierra se evapora directamente y otra mediante el proceso de infiltración satisface la humedad del suelo y cuando esta necesidad se ha saturado, surge el flujo superficial que también llega a los cauces de los ríos; por otra parte mediante percolación el agua llega al subsuelo y mediante flujo subterráneo alimenta el caudal de los ríos (16) (17).

III.4.- COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS NATURALES

El agua de los continentes presenta salinidad, y está determinada por la presencia de cationes (Na, Ca, Mg, K) y aniones cloruro, sulfato, bicarbonato y carbonato. Se ha calculado la media mundial de salinidad de las aguas continentales determinando más o menos 120 miligramos por litro (mg/L), aunque esto varía de un continente a otro a causa de la descomposición de minerales y rocas, precipitación atmosférica y de acuerdo al balance precipitación- evaporación (16).

III.5.- PROPIEDADES DEL AGUA

III.5.1.- Propiedades físicas

- a) Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
- b) Color: Incolora
- c) Sabor: sin sabor o insípida
- d) Olor: inodora
- e) Calor de vaporización: 539 cal/g a 100 °C
- f) Punto de congelación: 0 °C
- g) Punto de fusión: 0 °C
- h) Punto de ebullición: 100 °C
- i) Presión crítica: 217,5 atm

- j) Calor específico: es la capacidad calorífica del agua para absorber gran cantidad de calor sin aumentar excesivamente su temperatura. Es decir, cantidad de calor necesario para que un kilogramo de masa de agua aumente 1 °C su temperatura (3) (17).
- k) Tensión superficial: capacidad de atracción entre moléculas de agua, que les permite adherirse entre sí en gotas y separarse en capas finas y delgadas. Propiedad que además le permite al agua ascender por capilaridad (3) (17).
- l) El agua posee una densidad de 1 g/cm³ a temperaturas de 3,8 °C, esta característica es fundamental para el mantenimiento de la vida en ecosistemas acuáticos sometidos a bajas temperaturas.
- m) Propiedad de expansión en fase sólida, esta propiedad permite que el hielo flote, posee una densidad de 0,917 g/cm³.
- n) La constante dieléctrica es alta, favorece la disolución de sustancias iónicas y a la vez su ionización.
- o) El agua posee propiedades de compresibilidad, es decir se puede reducir o comprimir a menor volumen (3) (17).

III.5.2.- Propiedades químicas

- a) Reactividad: el agua puede combinarse con determinadas sales para formar hidratos, reacciona también con óxidos de metales formando hidróxidos o en el caso de interactuar con anhídridos forman ácidos oxácidos (3) (18).
- b) Capacidad disolvente: el agua es considerada como solvente universal, que le permite ser un reactivo con gran capacidad de disolución, permitiendo que todas las sustancias sean solubles de alguna manera en ella, característica que además permite que el agua se contamine con facilidad. Asimismo interviene como catalizador en las reacciones químicas que surgen en la naturaleza (3) (18).
- c) Potencial hidrógeno o llamado también (pH): es la concentración de iones hidrógeno existente en el agua. Un pH de 7 presenta el agua pura, a mayor concentración de iones hidrógeno menor es el valor del pH y viceversa (3).

- d) Dureza: es considerada la concentración de sustancias minerales presentes en el agua, generalmente se la calcula mediante las concentraciones de calcio y magnesio totales en una muestra, y se la expresa en miligramos de CaCO_3 por cada litro de agua; es decir si se tiene en una muestra de agua $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ un mg respectivamente esto equivale a 1mmol/L por lo tanto la dureza se expresa en 1mmol/L de CaCO_3 (3).

III.5.3.- Funciones biológicas

El agua presenta propiedades especiales por lo que la convierten en un recurso vital para la existencia de los seres vivos, ya que interviene como catalizador intracelular y extracelular en las diferentes reacciones químicas de los organismos del planeta. De igual manera está presente en el organismo, actuando como termorregulador; es por excelencia buen conductor eléctrico, se encarga de conducir los impulsos eléctricos producidos por el sistema nervioso y de mantener la estabilidad del pH en el organismo (19).

El agua se encuentra también junto a sustancias viscosas actuando como lubricante; en la boca, mediante la saliva; en ojos, las lágrimas; en articulaciones se encuentra en el líquido sinovial; y mediante las secreciones mucosas lubrica en el aparato digestivo, respiratorio, urinario y genital, gracias a ella se mantiene la humedad requerida en oídos, nariz y garganta (19).

También le confiere elasticidad a los tejidos y actúa como amortiguadora ante golpes o incluso cuando caminamos y corremos. Finalmente en la reproducción también es necesaria, dado que el feto necesita de un medio suficientemente hidratado para crecer y desarrollarse (19).

III.6.- CLASIFICACION DEL AGUA

El agua en la naturaleza es diversa, se la puede encontrar en diversas formas y estados, por lo cual la clasificaremos de acuerdo a su forma, usos y características.

III.6.1.- Según su estado físico

- a) Sólida (Hielo)

- b) Líquida (agua)
- c) Gaseosa (vapor de agua) (2).

III.6.2.- Según su dureza

- a) Agua blanda: concentración de 0 a 60 mg/L de CaCO_3 .
- b) Agua moderadamente blanda: con concentraciones de 60 a 120 mg/L de CaCO_3 .
- c) Agua dura: con concentraciones mayores a 120 mg/L y menores o iguales a 300mg/L de CaCO_3 .
- d) Agua muy dura: con concentraciones mayores a 300 mg/L de CaCO_3 (11) (14).

III.6.3.- Según sus condiciones de potabilidad

- a) Agua cruda: agua de la naturaleza que no ha sido tratada y por ende no se han modificado sus características físicas, químicas y microbiológicas (20).
- b) Agua potable: “aquella cuyas características físicas, químicas y microbiológicas han sido modificadas con la finalidad de garantizar la aptitud para el consumo humano” (20).

III.6.4.- Por su salinidad

- a) Agua salada: es aquella que presenta una concentración de sales disueltas superior a 10000 mg/L (20).
- b) Agua salobre: agua que contiene sales en menor proporción que el agua salada o agua marina
- c) Agua dulce: agua de baja concentración de sales, considerada apta para tratarla y convertirla en agua potable (2).

III.6.5.- Por su localización en la hidrósfera

- a) Agua superficial: es aquella que se la observa en la superficie de la tierra, proveniente de la lluvia que no se absorbe en la tierra ni se evapora, generalmente constituye océanos, mares, ríos, lagos, lagunas, pantanos, charcas e incluida la nieve y el hielo (3).

- b) Agua subterránea: procedente de la lluvia, cuando cae a la tierra la traspasa mediante aberturas de las formaciones rocosas provocando corrientes subterráneas que se almacenan en capas impermeables del subsuelo por periodos de tiempo cortos o largos convirtiéndola en un reservorio natural (3).

III.7.- CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Se define como contaminante a cualquier materia o energía que sea capaz de producir alteraciones o daños en las plantas, animales o el hombre, y en presencia en el agua altere las actividades que normalmente se desarrollen íntimamente en ésta (21).

Según la OMS el agua está contaminada cuando se ha alterado su composición o estado natural por lo cual pierde las condiciones aptas para su consumo a los que está destinada. El agua que es contaminada presenta alteraciones físicas, químicas o biológicas (17).

La contaminación del agua puede ser de origen natural o antrópico; la primera a causa de fuentes muy diversas, aunque por lo general no provocan gran cantidad de contaminantes, a excepción de lugares con yacimientos minerales. Por otra parte, la contaminación antrópica generalmente es a consecuencia de actividades humanas, que vierten aguas residuales de centros urbanos, industrias, agrícolas y ganaderas en ríos, lagunas, mares o directamente en el campo; de igual manera sucede con los desechos industriales, generalmente con sustancias como detergentes, petróleo, metales pesados, sustancias radioactivas, productos orgánicos, entre otros contaminantes del agua subterránea y superficial (17) (13).

III.7.1.- Tipos de contaminación

- a) **Contaminación por actividades humanas de sectores urbanos o industriales**

Correspondientes a residuos de los servicios de origen doméstico y público, donde los detergentes y productos químicos son los contaminantes comúnmente

utilizados para la limpieza y son vertidos directamente a los cauces de ríos, mares y lagos causando daños en su naturaleza (22) (23).

b) Contaminación agrícola

El uso frecuente de insecticidas, pesticidas, plaguicidas y otros productos agroquímicos aumentan las sales en el suelo, incluso quedando residuos de los mismos que luego son arrastrados por el agua hacia las fuentes receptoras que conducen a los cauces de los ríos (22) (23).

c) Contaminación natural

Este mecanismo de contaminación se da mediante el arrastre de materia orgánica muerta y excreción de la fauna silvestre, como por productos orgánicos producidos durante la erosión de los suelos (22) (23).

III.7.2.- Contaminación del agua según su naturaleza

- a) **Físicos:** Cualquier sustancia que altere las propiedades físicas del agua como son la temperatura, color, olor, etc. Como tal pueden ser materiales en suspensión, sustancias radioactivas o la liberación de agua caliente por industrias que en ocasiones eleva la temperatura de ríos o represas disminuyendo la capacidad de contenido de oxígeno afectando la vida de organismos que en ella habitan (17) (21).
- b) **Químicos:** Pueden ser de origen natural o sintético, provenientes de drenados de la minería, agricultura, derrames de petróleo y pesticidas, aguas residuales de centros urbanos, líquidos industriales y compuestos radioactivos, otros que son vertidos directamente en el agua y en menor cantidad los que se forman durante los tratamientos del agua como organoclorados por el uso de cloro en el tratamiento (21).
- c) **Biológicos:** Son seres vivos con capacidad patógena para el hombre u otras especies, ya sean virus, bacterias, parásitos y cualquier tipo de microorganismo con la capacidad de producir enfermedades, principalmente en niños. Habitualmente ingresan al agua mediante las heces fecales de animales o humanos (17) (21).

III.8.- AGUA POTABLE

La norma INEN 1108: 2014 define al agua potable como el agua con características físicas, químicas y microbiológicas tratadas o modificadas para garantizar que sea apta para el consumo humano (20). Además podrá ser consumida por toda una vida sin causar riesgos significativos, siendo adecuada para todos los usos domésticos incluidos la higiene personal (24).

III.8.1.- Calidad del agua potable

Cuando hablamos de calidad del agua, se refiere tanto a la cantidad del suministro de agua como a ciertos parámetros físicos, químicos y biológicos que debe cumplir. Como tal, estas características indican la inocuidad del agua y la aptitud que le confieren para el consumo humano. Estos parámetros deben ser verificados de acuerdo a la norma establecida para agua potable, cuya finalidad es garantizar la provisión de agua limpia y segura para los consumidores (18) (25).

El agua es considerada de buena calidad cuando no presenta microorganismos ni sustancias que puedan perjudicar la salud y el bienestar de los consumidores. Así como de características que le confieran propiedades organolépticas desagradables como mal olor, color y sabor (11).

III.8.1.1.- Parámetros de calidad del agua potable

a) Parámetros físicos: El agua destinada al consumo humano no debe presentar características desagradables de color, olor, sabor, turbidez, sólidos disueltos, conductividad y temperatura.

➤ Turbidez

Es una propiedad óptica con capacidad de absorber o esparcir un rayo de luz solar, impidiendo el paso de éste directamente en una muestra de agua. Esta propiedad es ocasionada por pequeñas partículas en suspensión, sólidos coloidales, productos de erosión a consecuencia de las corrientes de agua o por el desarrollo y crecimiento de microorganismos en ella.

Los niveles elevados de turbidez le confieren protección a los microorganismos presentes, por lo que en todos los procedimientos de desinfección y tratamiento es

recomendable valores preferiblemente debajo de 1 UNT para una asepsia efectiva, aunque en la norma para agua potable el límite máximo permitido es 5 UNT (11) (14) (22) (25).

➤ **Temperatura**

Es un importante indicador de la calidad del agua, interviene en todos los procesos biológicos que se desarrollan en el agua, así como en la absorción de O₂, precipitación de compuestos, conductividad eléctrica, pH. El incremento de temperatura permite la proliferación de hongos y alteraciones en el ecosistema acuático.

Los cambios de temperatura en el agua se producen de acuerdo a las variaciones de la temperatura ambiente en las diferentes estaciones del año, o por efectos antropogénicos como el uso del agua a manera de refrigerante principalmente en centrales térmicas (11) (14) (22) (25).

➤ **Color**

La recomendación para el agua potable es que sea incolora, pero cuando presenta una apariencia desagradable indica la posible presencia de sustancias orgánicas disueltas en el agua, generalmente compuestos orgánicos de origen natural tales como taninos, ácidos húmicos, algas o de metales pesados como Fe, Mn, Cr, Cu disueltos o en suspensión, además pueden proceder de vertidos industriales. El color del agua es determinado por métodos espectrofotométricos donde se analiza el color de luz que es capaz de atravesar para determinar el color verdadero, su rango se encuentra en 15 unidades de color aparente (Pt-Co) según la norma INEN 1108 (11) (14) (22) (25).

➤ **Olor y sabor**

Están íntimamente relacionados, de acuerdo a estos parámetros se evalúa la aceptación de los usuarios al consumirla. Indican la presencia de metales pesados (11) (14) (22) (25).

➤ **Sólidos totales disueltos**

Son materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias o aguas residuales, en su mayoría son a causa de la erosión de los suelos, ayudan a la proliferación de plancton perturbando la calidad del agua y ocasionando una reacción desfavorable en el consumidor, debido a características organolépticas desagradables (11) (14) (22) (25).

➤ **Conductividad eléctrica**

Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, depende principalmente de la concentración de iones disueltos en el agua, es decir la cantidad de sales presentes en el agua. Esta capacidad es afectada de acuerdo al tipo de terreno que cruza el agua y la presencia de aguas residuales, la conductividad se mide en microSiemens/ centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (11) (14) (22) (25).

b) Parámetros químicos: las condiciones químicas del agua potable deben ser agradables al gusto, ni exceso ni insuficiencia de sales disueltas.

➤ **Potencial Hidrógeno (pH)**

Controla la disociación de algunas sustancias químicas. Determina si una muestra de agua es ácida (valores inferiores a 7), alcalina (superior a 7) o neutra (pH 7). Es muy importante corregir el pH del agua en las plantas de tratamiento para evitar la corrosión en los sistemas de distribución cuando se presenta pH menores a 7 o incrustación calcárea cuando existen valores de pH superiores a 8. Por lo tanto los valores de pH permitidos para el agua de consumo humano se encuentran entre 7,2 a 7,8 (11) (14) (22) (25).

➤ **Dureza**

Es la capacidad que tiene el agua para precipitar jabones, debido a la presencia y unión de iones calcio y magnesio en forma de carbonatos o bicarbonatos y en escasez como sulfatos, cloruros o nitratos.

La dureza se la expresa en la masa de miligramos por litro (mg/L) de Carbonato de calcio. El valor de dureza para el agua de consumo humano debe ser inferior a los 60mg/L, considerándola así como agua blanda (11) (14) (22) (25).

➤ **Alcalinidad total**

Se define como alcalinidad del agua a la capacidad de ésta para neutralizar ácidos, es de vital importancia en procesos de tratamiento del agua, como también de la coagulación química, ablandamiento del agua, control de la corrosión, y capacidad tampón del agua. Si la alcalinidad es muy baja es necesario usar sustancias alcalinas como cal hidratada o barrilla y si es muy alta se le adicionan ácidos hasta alcanzar el valor adecuado (11) (14) (22) (25).

➤ **Cloruros**

La presencia de iones cloruro es común en el agua debido a la naturaleza de los terrenos que atraviesan. Pero la presencia de éstos en el agua para consumo humano indica contaminación por aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. Por lo que a mayor concentración de cloruros en el agua, ésta será salada. Además a una alta concentración de cloruros aumenta la velocidad de corrosión de los sistemas de distribución y por consiguiente puede elevar la concentración de metales en el agua; también provoca perjuicios en la agricultura afectando el crecimiento de las plantas. Los iones de cloro en el agua potable se mide en unidades de cloro libre residual con un Límite permisible de 0,3 a 1,5 mg/L (11) (14) (22) (25).

➤ **Nitratos**

Resultan de la oxidación de iones amoníaco y amonio disueltos en el agua, la concentración de nitratos para agua potable está condicionada a 50 mg/L según la norma INEN, aunque generalmente en aguas superficiales el contenido es bajo debido al consumo de las plantas para el proceso de fotosíntesis (11) (14) (22) (25).

➤ **Nitritos**

El nitrógeno orgánico y el ion amonio y amoníaco son catalizados por acción de las bacterias, por lo que no es muy común su presencia en agua debido a la factibilidad de oxidación a nitratos. Comúnmente se presencia en ambientes anaeróbicos como en el fondo de lagunas y suelos inundados. La norma INEN

1108 establece un valor de 3 mg/L de nitritos en agua potable como límite máximo (11) (14) (22) (25).

➤ **Sulfatos**

Son causantes de diarreas en el hombre por su efecto laxante, su presencia se debe a lluvias ácidas, contaminación con aguas residuales, o por disolución del mineral sulfato al percolar de aguas superficiales a aguas subterráneas, concentraciones elevadas de 400 mg/L afecta la potabilidad del agua (11) (14) (22) (25).

c) Parámetros biológicos: el agua potable tiene que estar libre de la presencia de microorganismos que sean capaces de causar enfermedades en el ser humano, tales como:

➤ **Bacterias**

- **Coliformes totales:** bacterias generalmente provenientes de las heces de animales de sangre caliente, también de la descomposición de la vegetación y del suelo. Éstas poseen características tales como: son bacterias Gram negativas, aeróbicas o anaeróbicas, no esporuladas en forma de bacilos; considerados como indicadores de contaminación fecal en el agua, fermentadores de lactosa con producción de gas tras una incubación de 24 a 48 horas a 35° C; entre los más comunes se encuentran *Escherichia* spp., *Klebsiella* spp., *Enterobacter* spp. y *Citrobacter* spp (3) (11) (22).

No debe existir presencia de este grupo en el agua potable o en los sistemas de tratamiento de agua, en el caso de estar presentes indican que el proceso de potabilización del agua ha sido deficiente o bien que haya surgido una contaminación posterior (11).

- **Coliformes fecales:** este grupo de bacterias son denominadas termotolerantes o llamados también termoresistentes, capaces de soportar temperaturas de hasta 45°C, fermentadores de lactosa con producción de gas, entre las bacterias más comunes se encuentra: *Escherichia coli*,

Streptococos fecales y aerobios mesófilos. Aunque en la actualidad solo se realizan las determinaciones de *E. coli*, considerada como indicador de contaminación fecal ya que es común que se encuentre en las heces del hombre y de animales de sangre caliente (3) (11) (22).

➤ **Parásitos**

- ***Cryptosporidium*:** microorganismos pertenecientes a la familia Cryptosporidiidae caracterizados por su gran variedad de especies, a lo largo de su ciclo de vida se presentan en diferentes etapas, entre ellas el ooquiste, caracterizado por ser resistente a las condiciones ambientales con capacidad de supervivencia por largos periodos. Al ser resistente a los procesos de cloración y encontrarse en bajas cantidades, el agua es el principal transmisor de este parásito causante de parasitosis en el ser humano, cuadro que consta de diarrea acuosa, dolor abdominal, pérdida de peso y cuadros graves en pacientes inmunocomprometidos, tras un periodo de incubación que varía de entre una a dos semanas, con una duración de 4 a 21 días (3) (7).
- ***Giardia lamblia*:** protozooario flagelado procedente del intestino delgado de algunos animales y del hombre, se presenta en dos fases durante su ciclo de vida como trofozoíto y el quiste que es la forma infectante, se eliminan mediante las heces al ambiente, tienen un periodo de supervivencia de hasta 77 días a 10 °C y a 20 °C hasta por 3 días, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza (7).

La forma de transmisión más común es la fecal- oral siendo los niños y personas inmunodeprimidas los grupos que presentan mayor riesgo de infección, causando malestar estomacal que incluye náuseas, diarreas, fatiga, ardor estomacal y cuadros similares a la gastritis e incluso puede ser asintomática o causar diarreas leves tras un periodo de incubación que varía entre cinco a 25 días y que si no es detectada y tratada oportunamente puede durar meses o años (3) (7).

III.8.2.- Proceso de potabilización del agua

Se conoce como potabilización del agua al proceso mediante el cual el agua cruda captada de una fuente o río es sometida a una serie de procesos físicos y químicos para la eliminación de compuestos volátiles, materiales sólidos, turbiedad y microorganismos, para finalmente transformarla en apta para el consumo humano, cumpliendo con ciertos parámetros físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la norma vigente para agua potable, NTE INEN 1108 (26) (27).

III.8.2.1.- Captación

Es el inicio del proceso de potabilización, el agua es captada de fuentes naturales, ya sean ríos o vertientes a cierta profundidad para evitar que se arrastren palos y ramas presentes en la superficie, el agua captada generalmente es transportada por efecto de la gravedad hacia la planta de tratamiento (26) (27).

III.8.2.2.- Coagulación y Floculación

Coagulación: proceso mediante el cual el agua cruda y turbia captada de una fuente o río, pasa a través de un tanque que cumple la función de mezclarla en segundos con productos coagulantes o ayudantes de coagulación tales como sales de aluminio, hierro o polímeros orgánicos al 0,010%, provocando que las impurezas presentes se agrupen entre sí formando partículas más grandes en tamaño y peso.

Floculación: proceso mediante el cual el agua es sometida a una agitación lenta que de igual manera ayuda a la unión de partículas de compuestos químicos con las de las impurezas presentes en el agua, formando los llamados coágulos o flóculos (26) (27) (28).

III.8.2.3.- Sedimentación o decantación

Proceso mediante el cual por acción de la gravedad se separan del agua las partículas suspendidas que se localizan en el fondo constituyendo lodos y generalmente tienen un peso mayor al del agua, mediante la acción de válvulas

son extraídos por conductos de limpieza en un periodo de aproximadamente una hora para luego pasar a la etapa de filtración (26) (27) (28).

III.8.2.4.- Filtración

El agua que ya atravesó el proceso de decantación ingresa a los tanques de filtrado donde se cumple el proceso de remoción de sólidos suspendidos en el agua a través de un medio poroso conformado por distintas capas de piedra, arena y antracita que actuarán como filtros por procesos de transporte y adherencia, es decir las partículas en suspensión que no se han logrado eliminar en los procesos anteriores son arrastradas y retenidos en la superficie del medio filtrante. Este proceso es considerado como el más importante para la transformación del agua cruda a agua potable de calidad (26) (27) (28).

III.8.2.5.- Cloración

El cloro es el principal compuesto usado para la desinfección del agua, debido a su facilidad de dosificación, costo accesible y su disponibilidad en gas, líquido y sólido. La cloración es el proceso que consiste en la inyección de cloro dosificado al agua para la eliminación y destrucción total de microorganismos patógenos que aún se encuentren presentes en el agua y que hayan logrado sobrevivir luego de haber atravesado todos los procesos anteriores, este proceso además es útil para evitar la contaminación posterior del agua al ingresar a las redes de distribución o bien en los depósitos de almacenamiento (26) (27) (28).

III.8.2.6.- Distribución

El agua sale de la planta potabilizadora hacia los tanques de almacenamiento e inmediatamente es enviada mediante redes de distribución por tuberías hacia las casas donde se proveen de agua potable limpia y segura para consumirla y usarla diariamente en las actividades del hogar como la limpieza y el aseo diario (11).

CAPÍTULO IV
ENTE REGULATORIO DEL AGUA POTABLE EN EL ECUADOR

IV.1.- NORMA INEN 1108

El Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN es el ente encargado de la emisión de normas y protocolos para beneficio de los ecuatorianos con respecto a todo lo relacionado a la calidad de los productos de consumo humano y demás regulaciones necesarias, entre éstas el agua potable, como elemento vital para todos los seres humanos, tanto en aspectos biológicos como de supervivencia, situación que para efectos de este trabajo se realizó el análisis de la Norma INEN correspondiente al agua potable, incluyéndose en todo el proceso para que el agua sea apta para el consumo humano, con la finalidad de prevenir enfermedades como objetivo principal, pese a los datos estadísticos que ya se han detallado.

Se presenta como primer indicio la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 1108 de enero 2014, la cual establece los parámetros dentro de los cuales se potabiliza el agua para consumo humano y consta como documento principal a ser cumplido para determinar que el agua de un sector se encuentra apta o no para su consumo. En la Sección 5.3 de la norma se detallan los requisitos microbiológicos que se deben cumplir, conforme a la tabla 1 (20):

Tabla 1
Microorganismos en agua potable según el método de ensayo utilizado

Microorganismos	Límite permisible
Coliformes fecales:	
Tubos múltiples (NMP/100 ml)	< 1.1
Filtración por membrana UFC/ 100 ml	<1
<i>Cryptosporidium</i> , oquistes por litro	Ausencia
<i>Giardia</i> , número de quistes por litro	Ausencia

Fuente: Norma INEN 1108: 2014 (20)

Para efectos de esta tesis se ha considerado el análisis comparativo de normas emitidas con anterioridad, de las que encontramos las siguientes, por orden cronológico, que componen una trilogía donde han sido adaptadas y consideradas como normas nacionales que versan sobre protocolos de control de calidad del agua, que se detallan a continuación:

1.- Norma INEN 2226- 2013, primera revision 2013-06, en ésta se detallan los principios fundamentales para el manejo de los programas de control de calidad del agua, así como los indicadores para determinar las fuentes de contaminación de la misma mediante técnicas de muestreo, manejo y conservación de éstos (29).

En esta norma se detallan de forma puntual todos los protocolos de obtención de muestras y el manejo de las mismas bajo diferentes escenarios que se pudiesen presentar, sean estas aguas que ya han sido tratadas, hayan sido recuperadas, o se encuentren en estado natural, dentro de las cuales están agua de lluvia, aguas costaneras, aguas de vertientes naturales y otras.

En los protocolos se establece el modo a proceder al momento de tomar muestras de agua, sea que se encuentren en estado líquido o sólido, además del proceso de manejo de las muestras y su almacenamiento para obtener resultados reales y certeros.

2.- NTE INEN 2169- 2013, norma enfocada al análisis de la calidad del agua, en la que consta el muestreo, manejo y conservación de las muestras; siendo una guía para el manejo, preservación o conservación de aguas para análisis biológicos, sin apearse del todo a lo que respecta al análisis microbiológico, pero que se incorpora a los protocolos nacionales en mira de mantener una eStandardización a nivel internacional (30).

Esta norma hace mención a las variaciones que pueden efectuarse en las muestras de agua que se encuentran en análisis por efecto a los microorganismos que puedan presentar, siendo éstas: alteraciones por el contenido de oxígeno disuelto, dióxido de carbono, compuestos de nitrógeno, fósforo y sodio en ciertas ocasiones.

Es importante mencionar que esta norma sirve de soporte para la regulación principal, y actúa como un referenciador para los análisis.

3.- NTE INEN 2176- 2013, esta norma se basa en la calidad del agua respecto a muestreos y técnicas de muestreo; esta normativa tiene por objeto establecer técnicas para la obtención de datos necesarios en los análisis de calidad de agua

de manera generalizada e incorpora este protocolo en base a una estandarización de normas de calidad a nivel internacional, asumiéndolo en el país como norma nacional (31).

Esta norma a comparación de la mencionada anteriormente es la que cubre el espectro general del análisis de muestras de agua que se tomen para efectos de análisis de calidad. Estableciéndose de forma clara que existen dos modos de proceder al momento de analizar, siendo esta la general, en la que no se muestra mayor inconveniente en el análisis de las muestras, indicándose los tipos de muestras que pueden existir, las que a manera de ejemplo se las hace constar, sin pretender al no ser necesario enumerar cada una de las mismas, tenemos entonces: muestras puntuales, muestras en serie, muestras compuestas, muestras periódicas, entre otras; los procesos específicos son aquellos que figuran en la norma anteriormente analizada.

Es de vital importancia incorporar las normas mencionadas en los numerales anteriores para de esta manera proceder a analizar la Norma INEN 1108, que se encuentra vigente y corresponde a parámetros actualizados, se debe tomar en consideración que ha existido una ultima revisión considerada como sexta, de fecha abril de 2020, en la que se establecen nuevos parámetros a cumplir para que el agua sea apta para el consumo humano.

Se establece en la Tabla 2 los requisitos físicos y químicos que debe cumplir el agua para ser considerada para consumo humano:

Tabla 2
Requisitos químicos y físicos del agua potable (32)

Indicador físico o químico	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3- 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt- Co	15	Standard Methods 2120

Cromo	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos	mg/L	50,0	Standard Methods 4500- NO ₃ ⁻
Nitritos	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad	NTU	5	Standard Methods 2130

Fuente: Norma INEN 1108: 2020 (32)

Los estándares de calidad en los que se han basado para el establecimiento de esta norma son los Standard Methods (Métodos estándar) que pertenece al grupo de protocolos utilizados a nivel internacional, los que serán analizados con posterioridad en el apartado correspondiente.

Otros de los requisitos a cumplir para la potabilización del agua según la Norma INEN 1108 en su sexta revisión son los parámetros microbiológicos que se presentan en la Tabla 3:

Tabla 3
Límite permisible de microorganismos en agua potable

Microorganismo	Límite permitido
Coliformes fecales	Ausencia
<i>Cryptosporidium</i>	Ausencia
<i>Giardia lamblia</i>	Ausencia
En el caso de ser usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.	
➤ La ausencia corresponde a <1,1 NMP/ 100 ml	
➤ La ausencia corresponde a <1 UFC/ 100 ml	

Fuente: Norma INEN 1108: 2020 (32)

Se considera de importancia, el que exista un análisis de información respecto a los requisitos que se detallan en la Tabla 2 con aquellos que constaban en la norma INEN 1108 en su penúltima revisión, desarrollada en el año 2014. Lo que sugiere que debe existir ausencia total de microorganismos para que el agua se

considere apta, frente a lo establecido anteriormente: +/- 1 NMP o UFC de microorganismos dependiendo de la técnica de análisis utilizada.

Se entiende por lo tanto que la calidad del agua presenta sus estándares; cuyo objetivo es mitigar la gran tasa de enfermedades gastrointestinales, que corresponde a un porcentaje muy alto del índice de enfermedad de la sociedad mundial, y por consiguiente en el Ecuador.

IV.2.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMA INEN 1108 CON ESTUDIOS EN EL PERIODO 2010-2019

Al adentrarnos en el análisis comparativo de los índices que se establecen en la Norma INEN 1108, se ha encontrado mediante búsquedas realizadas en fuentes oficiales un estudio efectuado en el año 2010, en el que se proyecta resultados hasta el año 2015 inclusive 2016, abordando una proyección ampliada hasta el año 2030, titulado “Agua, saneamiento e higiene”. Medición de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en el Ecuador elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Censos (INEC) y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) (33), con apoyo en aportes científicos internacionales de la Organización de las Naciones Unidas, y la Cumbre del Milenio efectuada en Nueva York, Estados Unidos en el año 2000; en este estudio se analiza varios aspectos como son el uso de la terminología correcta a ser considerada respecto al saneamiento y análisis de la calidad del agua; así mismo se realiza un enfoque más interno en el Ecuador, tomando diferentes parámetros que van desde la región, la relación ciudad- zona rural, grupos étnicos, efectivo acceso a fuentes de agua, entre otros.

Dentro de la terminología que se utiliza se hace mención a que existen grandes brechas entre varios de esos parámetros, por lo que de forma general establece que la calidad, tratamiento, accesibilidad, saneamiento y consumo de agua varía sustancialmente en cada región. En este estudio se refleja que el mayor consumo de agua potable se encuentra dado en la región costa principalmente en la ciudad de Guayaquil debido a su gran densidad poblacional y al ser una de las principales ciudades del país justifica esta aseveración:-

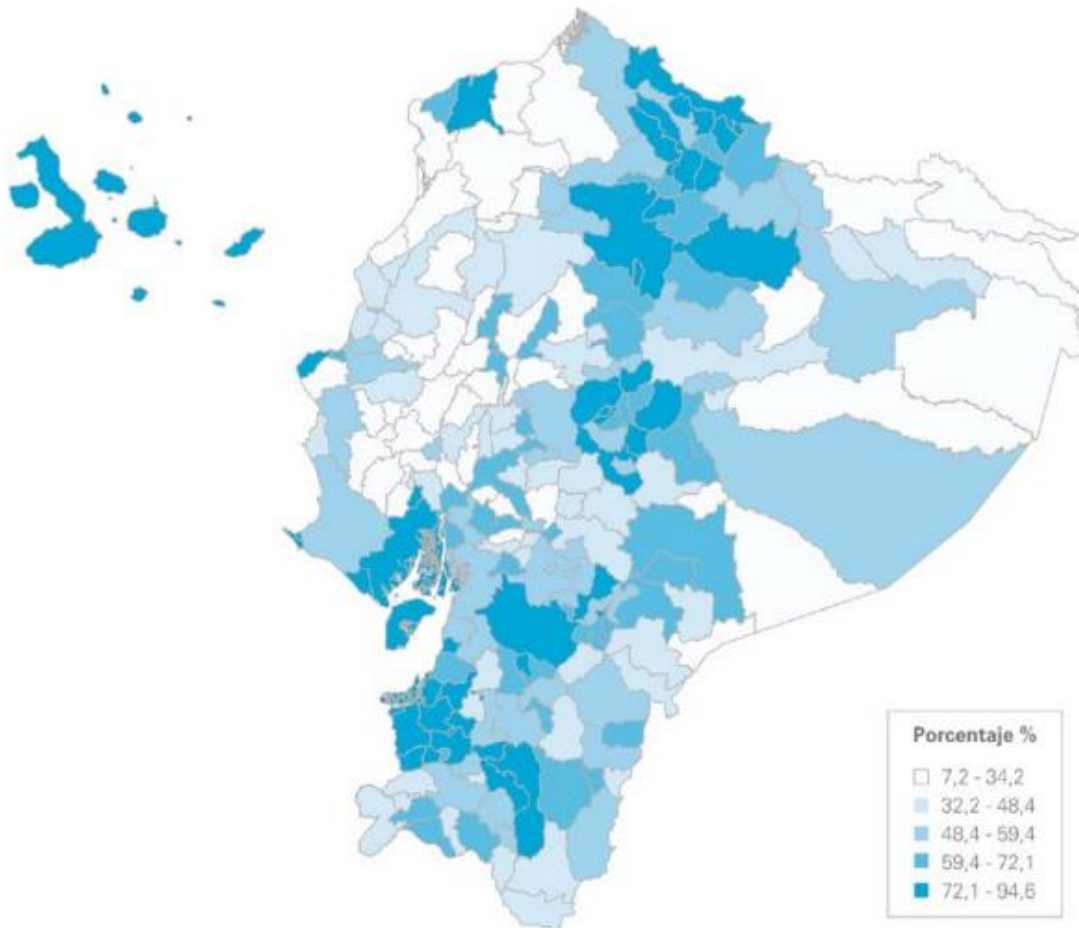
Otro aspecto a considerarse es la desigualdad, si se le podría estimar de esta manera, entre las zonas urbanas y rurales, donde se tiene una gran desproporción, por efectos de los avances en factores económicos e industriales, la mayoría de la población se ha dirigido a lugares urbanos para poder tener un avance o desempeño laboral y por ende económico; por lo que se sobreentiende que la calidad del agua, su saneamiento y el cumplimiento de los estándares se mantiene con mejor calidad en las zonas urbanas frente a las rurales, donde generalmente el agua se maneja por medio de las llamadas Juntas de Agua, en el que se mantienen reservorios, que no todo el tiempo gozan del tratamiento necesario; estudios demuestran que existe una alta incidencia en las zonas rurales de parasitosis y enfermedades gastrointestinales, por el consumo de agua que no cumple con los requisitos necesarios, lo más frecuente son las enfermedades por la presencia de la bacteria *E. coli*, que proviene de las heces de animales y se mezcla en el agua y afecta a la salud de los seres humanos. Respecto a la desproporción en el suministro de agua potable se da en que el agua cumpla con los requisitos de calidad en las ciudades que se consideran como principales del país, esto es, Quito, Guayaquil y Cuenca, en donde el agua que consumen los habitantes cumple en su mayoría con los estándares necesarios, frente a las zonas rurales, en especial de la costa y Amazonía, los que en muchos de los casos ni siquiera tienen garantizado el acceso al agua.

En las estadísticas obtenidas en este trabajo, se considera primordial indicar que para el año 2016 el 70.1% de la población ecuatoriana contaba con agua de calidad, ya sea por infraestructura necesaria para que el agua llegue a los hogares, pero a niveles básicos, no de excelencia para que cumplan con todos los requisitos de la Norma INEN 1108. Teniendo por lo tanto que el 55.5% de los ciudadanos que se encuentran en zonas urbanas gozan de este servicio con las condiciones adecuadas; y solamente un 29.6% de la población en zonas rurales, goza del servicio de agua potable.

Dentro del estudio que se menciona se establece un mapa (Gráfico 1) en el que se muestra a nivel provincial el acceso al agua potable y la calidad de la misma, para

estos datos se ha tomado en cuenta los censos realizados en Ecuador en los años 2010 y 2016, esquema que se considera de mucha importancia para establecer con claridad la situación real del país respecto a este tan importante servicio.

Gráfico 1
Mapa poblacional de abastecimiento de agua potable a nivel nacional



Fuente: Medición de los ODS en el Ecuador; INEC; UNICEF (33)

En el Gráfico 1, en la escala de la parte inferior derecha, se determina los porcentajes de los sectores que para el año 2010 mantenían acceso a agua potable de calidad cumpliendo con los requisitos esenciales para su consumo, es alarmante observar que varios sectores del país no gozan del servicio de agua potable, peor hablar de que se cumplan con los requisitos de la norma INEN, se observa que existe un rango del 72.1% - 94.6% de la población que tiene acceso a agua potable de calidad y con el proceso de saneamiento necesario, pero dichos porcentajes corresponden a las zonas de mayor densidad poblacional del país.

En base a lo investigado, es preocupante admitir en el presente estudio, que existe una brecha grande entre unos y otros sectores del país en cuanto al acceso a agua potable, debido a que su suministro es de vital importancia para el desarrollo del ser humano, con especial atención a su salud.

Al ahondarnos en el tema se ha realizado una búsqueda de los estándares de calidad en tres de las ciudades más importantes del país como son: Quito, Guayaquil y Cuenca.

Tenemos así estudios realizados por la Empresa de Agua Potable del Distrito Metropolitano de Quito, en los cuales se indica que el agua potable que se distribuye en la ciudad capital del país cumple con los requisitos de la Norma INEN 1108 vigente para ese momento.

En uno de los estudios tomados al azar del mes de Octubre de 2019 (Tabla 4), en los resultados se encuentra un 0.00 % de presencia de *E. coli* en las muestras analizadas, brindando de esta forma seguridad de que al consumir el agua no se adquiera dicha bacteria, debiendo considerarse de todas formas que este microorganismo no es el único que puede llegar a afectar la salud de una persona por el consumo de agua.

Tabla 4
Calidad de agua en las redes de distribución del DMQ, Octubre 2019

Parámetros	Unidades	Número de Análisis Realizados	Límite Máximo Permisible NTE INEN 1108 vigente	% de muestras que exceden el LMP	Promedio	Cumple
COLOR	UC (Pt-co)	274	15	0,00%	1	SI
TURBIEDAD	NTU	274	5	0,00%	1	SI
COLOR LIBRE RESIDUAL	mg/L	274	0,3 a 1,5	1,46%	0,8	SI
ESCHERICHIA COLI	NMP/100ml	70	< 1,1	0,00%	0,0	SI

Metodología de muestreo: Muestras aleatorias ubicadas en 274 sectores de todo DMQ

Recomendamos a los usuarios que tomen medidas para preservar la calidad del agua al interior de sus hogares con las siguientes medidas:

- Mantenimiento y reemplazo de las tuberías internas del domicilio para evitar óxidos y otras sustancias ocasionadas por su corrosión
- Limpieza y desinfección de cisternas o depósitos internos, este trabajo es recomendable ejecutarlo entre 3-6 meses según tamaño y ubicación.
- Reemplazar tuberías rotas para evitar la contaminación del agua potable

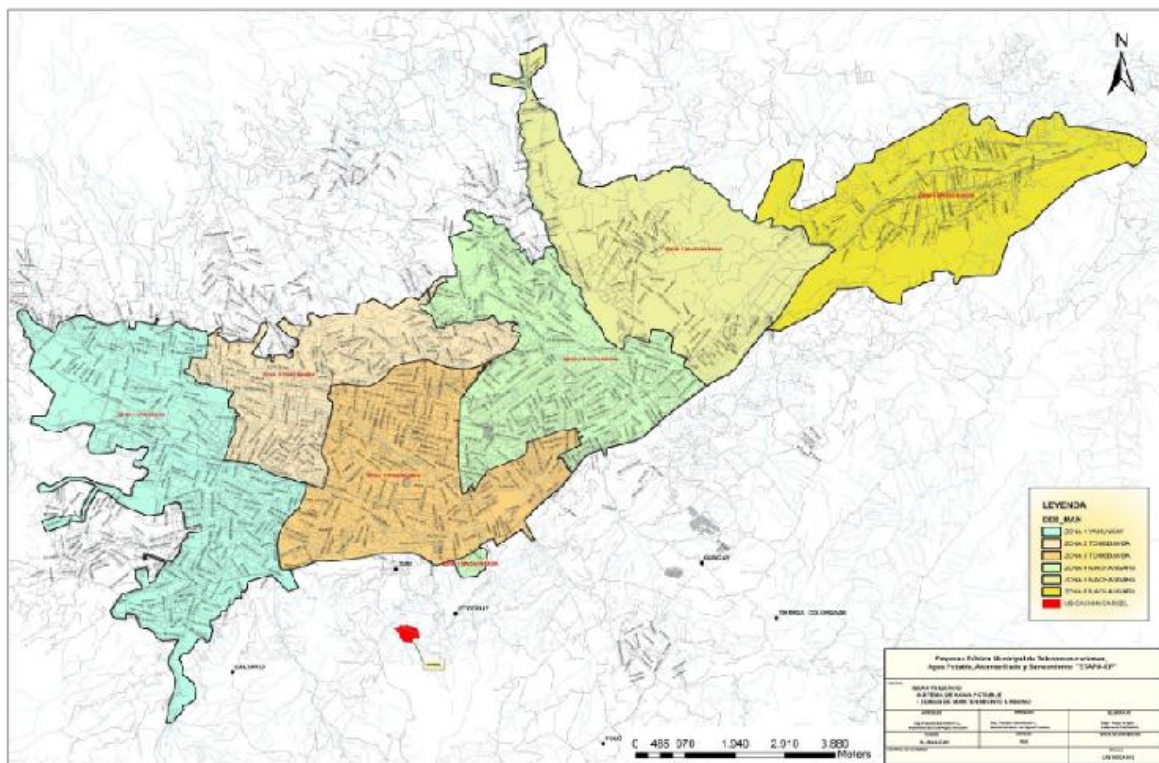
Fuente: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) (34)

Con respecto a los estándares de calidad del agua potable en la ciudad de Guayaquil, se presenta varios estudios con proyección al mejoramiento de las plantas de tratamiento de agua potable, y también en la página electrónica de la entidad encargada del suministro de agua potable en la ciudad se desprende que la misma goza de la certificación Norma INEN 1108 por el Instituto Ecuatoriano de Normalización. Sin embargo, la realidad es otra no todos los sectores de esta urbe gozan de agua de calidad, pues según un reporte del Diario El Expreso (35), de fecha 16 de diciembre de 2019, detalla que pese a los esfuerzos realizados por la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil (EMAPAG), respecto al tratamiento de recuperación de aguas residuales, todavía se encuentran ciertos componentes que son perjudiciales para la salud de los guayaquileños, tal cual como consta en el título de la noticia “El agua de la urbe, aún con residuos de heces”, a lo largo del artículo se indica que existen altos contenidos de cadmio y coliformes, entre estos, heces fecales de ciertos animales que contaminan esas fuentes de tratamiento, en especial los que se encuentra en el río Guayas, sectores como Durán y ciertos Guasmos, dando a entender que dicha certificación no es del todo cierta, ya que dicha ciudad mantiene desafíos que solucionar respecto a la calidad del agua potable, saneamiento y tratamiento.

Como un análisis adicional, tenemos los estudios realizados en la ciudad de Cuenca, la que igualmente mantiene los parámetros establecidos por la Norma

INEN, conforme se detalla por la empresa publica encargada del suministro de agua potable a esta ciudad, ETAPA EP, que dentro del mismo slogan que mantiene la empresa se indica que el agua potable en la ciudad de Cuenca goza de los mejores estándares de calidad a nivel del país, de la información obtenida de fuentes oficiales se indica que todos los sectores de la ciudad mantienen servicio de agua potable óptima y de calidad, apta para el consumo.

Gráfico 2
 Distribución de agua potable en la ciudad de Cuenca



Fuente: Zonas de mantenimiento urbano López, H (36)

En el Gráfico 2 se presenta el mapa de la ciudad de Cuenca, dividido conforme a parroquias, indicando que en cada una de ellas se mantiene una distribución de agua potable efectiva, un sistema de captación y tratamiento conforme a las normas de calidad, así como que el agua que los cuencanos consumen es precisa y apta para consumo humano.

Finalmente, como ejemplo de lo ya mencionado, y ahondar en la hipótesis de desigualdad que existe entre las diferentes ciudades ecuatorianas en cuanto al

suministro de agua potable, tenemos un estudio realizado en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, en el año 2016, publicado en la Revista Ciencia UNEMI (37), estudio que analiza la calidad del agua de esta ciudad, apegándose a los lineamientos de la Norma INEN 1108 vigente en esa fecha, así como a estándares internacionales; basándose en ciertos parámetros, como el nivel de contaminación del agua y sus factores de contaminación; también realiza un análisis de la calidad del agua bajo diferentes ámbitos, siendo un factor determinante el clima del lugar por lo que se desarrolla el estudio dividiéndolo en época lluviosa y seca; como conclusión final se declara por parte de los autores de este artículo, que la calidad del agua en la ciudad de Quevedo para el año 2015 no es apto para el consumo humano, ya que no se cumplen los requisitos químicos y microbiológicos establecidos en la norma INEN 1108; situación que por un lado demuestra lo ya aseverado y por otro lado se considera lamentable y alarmante.

Dentro del análisis que se realiza se establece que la población amazónica es la que posee el porcentaje más bajo de cobertura de agua potable, es decir que menos del 25% de la población cuenta con servicio de agua potable siendo Taisha, Tiwintza, Arajuno, Aguarico y Yacuambi los cantones considerados de baja cobertura según el INEC (33). En muchos de los casos en estos cantones no se tiene acceso a fuentes de agua, mucho menos a agua que haya sido tratada y que sea apta para el consumo, lugares en donde la tasa de enfermedades e inclusive de mortalidad es alta por envenenamiento o por enfermedades bacterianas, parasitarias o virales causadas por el consumo de agua no tratada.

Esta desigualdad debe irse solventando para que se pueda hablar de que el país goza de este servicio básico tan elemental como es el agua potable.

CAPÍTULO V
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA NORMA INEN 1108 FRENTE A
NORMAS INTERNACIONALES

V.1.- GUÍAS PARA EL AGUA POTABLE EMITIDAS POR ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

V.1.1.- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Los estudios y guías de la OMS son el primer ente internacional a ser mencionado con respecto a los estándares de calidad de agua potable, guías que son revisadas periódicamente con el fin de adecuarse a las necesidades que puedan presentarse con el tiempo y en los diferentes sectores del mundo. Además de ser el pilar fundamental para las autoridades de cada país, como es el Servicio Nacional de Normalización en el Ecuador, para la elaboración de las normas y reglamentos que se aplicarán en el país con la finalidad de precautelar la salud pública.

En la última revisión del año 2020 se engloban varias características, donde inicialmente precautelar la salud pública es primordial ya sea en países desarrollados o en vías de desarrollo como Ecuador, también el apoyo para el desarrollo y la ejecución de estrategias que garanticen la inocuidad en el abastecimiento de agua, con especial énfasis a grupos considerados como vulnerables tales como: recién nacidos, niños y niñas, ancianos, personas con enfermedades catastróficas que son las más propensas a enfermedades que puedan causar ciertos microorganismos (24).

V.1.1.1.- Criterios de calidad microbiológica del agua potable según la OMS

En lo que respecta al aspecto microbiológico, según los estándares de agua potable emitidos por la OMS, en la última revisión realizada se establece que, la garantía de inocuidad del agua potable conlleva todo el proceso de control, desde las fuentes de captación del agua hasta los sistemas de distribución e inclusive el monitoreo de las normas de dichas centrales de distribución. También se incluye el análisis de la presencia de indicadores de contaminación fecal, entre ellas *E. coli*, donde establece que debe existir ausencia de este microorganismo en agua de consumo, de lo contrario se indica contaminación fecal reciente.

La base de estas guías se refleja en la especial atención que se da a la creación de protocolos, en donde se busca estrictamente la prevención o la reducción de agentes patógenos en las fuentes hídricas.

De acuerdo a este primer ente internacional y en comparación con la Norma INEN 1108, que se encuentra vigente en Ecuador, se puede aseverar que dicho documento mantiene los mismos estándares de calidad, esto es, que en el tratamiento del agua para que ésta sea apta para el consumo humano, debe existir ausencia de microorganismos, por lo que se puede entender, que el país ha tomado en cuenta los estudios realizados por la OMS aunque en la práctica aún se presentan falencias.

V.2.- NORMAS ISO

Como norma internacional secundaria pero de igual importancia, se presentan las normas relativas a la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), que emite los parámetros internacionales en diferentes áreas; según el área relacionada con la calidad del agua para consumo humano, tenemos la Comisión de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (CDS13); la cual es la encargada de emitir las directrices o políticas internacionales a ser observadas por las autoridades de cada uno de los países, existiendo un énfasis marcado a los países en vías de desarrollo, como Ecuador.

Los objetivos generales que se detallan en las normas ISO 24510, 24511 y 24512 entre otras, son el establecer las directrices para la satisfacción de las necesidades y expectativas de los usuarios y determinar los criterios “indicadores de desempeño” de evaluación para la provisión del servicio, entre otros.

De forma específica se tiene que en cada una de estas regulaciones busca determinar directrices que sirvan a los países, en sus regulaciones internas para mantener estándares de calidad adecuados, de tal modo:

Norma ISO 24510: regula los parámetros del consumo y servicio de agua potable, con la finalidad de fortalecer o mejorar la suministración del servicio (38) (39).

Norma ISO 24511: es una guía para el manejo y utilidad de agua residual y su apego a las regulaciones de tratamiento de éstas, con la intención de fortalecer los mecanismos (36, 37).

Norma ISO 24512: es una guía para el manejo de agua potable, su utilidad y el mejoramiento de la suministración de este servicio a los usuarios (38, 39).

La regulación internacional “ISO”, de forma particular establece procedimientos específicos para el análisis microbiológico; así pues el Instituto científico CONDALAB emite inicialmente un pronunciamiento de lo que debe ser considerado como análisis microbiológico:

“El análisis microbiológico no consiste en determinar las especies de todos los microorganismos presentes en la muestra, sino en buscar los patógenos o aquellos microorganismos indicadores que están presentes en gran número en el intestino de los mamíferos, por lo que son indicadores de contaminación fecal y por lo tanto nos indicarían que el agua no es apta para consumo humano” (44).

En Ecuador se ha incorporado en la Norma INEN 1108:2020 las directrices de la normativa y mediante el Servicio Nacional de Normalización se pretende innovar constantemente siguiendo los lineamientos emitidos por este organismo internacional.

V.3.- MÉTODOS ESTANDARD “STANDARD METHODS”

Como una tercera norma internacional, y que ha servido como base de estándares en la normativa ecuatoriana, son las realizadas por la organización “Standard Methods”, organización que se encuentra en estudios constantes respecto a los avances tecnológicos e innovación, en el caso que nos ocupa, el agua potable, las regulaciones de “Standard Methods” se encuentran claramente recopiladas en la Norma INEN; y de igual forma, son acogidas por la mayoría de países alrededor del mundo.

Todos los parámetros de esta organización han pretendido ser implementados en la normativa nacional ecuatoriana y son considerados de gran importancia; pero a

modo de ejemplo se ha incurrido al análisis de una parte, ya que el alcance de los estudios realizados por esta organización abarca un campo muy amplio.

De las regulaciones que existen se tienen las siguientes:

9711.- Agentes patógenos “Protozoos”.- como bien se conoce existe una gran variedad de patógenos protozoos, sin embargo no todos adquieren gran importancia en la industria del agua por lo que en este apartado se hace énfasis a patógenos como *Cryptosporidium spp*, *Giardia spp* y *Entamoeba histolytica* cuya importancia radica en brotes epidemiológicos registrados a lo largo de la historia, su resistencia a los agentes y procesos de potabilización y la influencia marcada que tienen estos microorganismos en las enfermedades derivadas por el consumo de agua potable que no se encuentra en estado apto para el consumo humano (45).

Señala también la importancia en la determinación de los métodos de detección, los que establecen que generalmente se desarrollan en tres pasos:

- 1.- La toma de las muestras y su concentración;
- 2.- Los procesos de purificación y separación de estos microorganismos de las partículas de la muestra.
- 3.- La realización de los ensayos de detección donde se puede incluir técnicas colorimétricas, microscopía fluorescente, reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Sin embargo para *Cryptosporidium spp* y *Giardia spp* no hay métodos estandarizados para su detección, por lo tanto se aplican otras técnicas como filtros de poros de 1 a 5 micras (μm) y luego proceder con microscopía.

9260.- Respecto a la detección de agentes bactericidas patógenos. - En este ensayo, se resalta la importancia del tratamiento del agua potable y del agua residual con la finalidad de aplicar métodos que busquen que el principal propósito de la calidad del agua potable y del tratamiento del agua residual es la reducción del número de microorganismos a niveles aceptables, o la remoción o exclusión total de los microorganismos que pudieren representar un riesgo para la salud de los usuarios (46).

En este extracto se establece tomar en consideración a diferentes agentes patógenos indicadores considerados de importancia, mediante estudios basados en el análisis de contaminación patogénica y su interpretación respecto a estudios culturales o de campo.

Esta regulación reporta los indicadores de tratamiento respecto a agentes patógenos como: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* diarreogénica, *Vibrio*, *Legionella*, *Yersinia enterocolitica*; no existen métodos estandarizados de detección para estos microorganismos, sin embargo en la sección 9213 del documento de “Standard Methods” están descritas ciertas técnicas de laboratorio que ayudan a la detección de estos microorganismos en agua (46).

9510.- Normas para la detección de virus entéricos. – es importante la identificación de virus que pudieran estar presentes en el agua debido a la contaminación con heces fecales animales o humanas, donde el virus es excretado en grandes cantidades representando un riesgo para la salud de los humanos por su mecanismo de transmisión fecal- oral. Dentro de los cuales se incluyen a *Norovirus*, *Rotavirus*, *Enterovirus*, *Hepatovirus*, entre otros (47).

Estados Unidos, ha expuesto la necesidad de que se establezcan estándares de exclusión de la presencia de estos patógenos en el agua de consumo humano, ya que por estudios realizados de forma específica, dentro de marcadores climáticos, de edad e infectología de los virus, estos representan un alto índice de enfermedades en dicho país; se determina a manera de ejemplo que, el Rotavirus afecta más a los niños que a los adultos, o que de acuerdo al clima la proliferación de los virus varía, afectando a más personas en las épocas de verano y primavera por la movilización de las personas y las altas temperaturas, que coadyuvan a la proliferación de los virus. Los procedimientos a utilizarse para el análisis de la presencia de virus en muestras tomadas se basan en tres pasos, que son los siguientes (47):

- 1.- Una recolección representativa de la muestra.

2.- La determinación de la concentración de los virus a ser analizados en la muestra.

3.- El proceso de identificación y los marcadores de estimación cuantitativa de la concentración del virus en la muestra.

Sin embargo para la detección de estos microorganismos surgen inconvenientes debido a sus características como el tamaño de las partículas que son muy pequeñas, la variedad de virus y su baja concentración en las muestras, su inestabilidad, compuestos que interfieren en la detección y las limitaciones con los métodos de detección (47).

Las regulaciones que anteceden corresponden a una porción íntima de la universalidad de estudios realizados por Standard Methods respecto a lo que es agua potable, las que han sido incorporadas en la Norma INEN 1108 a lo largo de todas sus modificaciones; es más, dichas modificaciones se deben justamente al hecho de incorporar las innovaciones de esta organización.

Las normas internacionales que han sido mencionadas corresponden a las aplicadas a nivel mundial, las que pertenecen a las organizaciones internacionales principales, y las que el Ecuador ha tomado en cuenta para su propia normativa.

En la norma INEN 1108 tanto en vigencia anterior como en la actual se han considerado para el análisis, cuantificación y eliminación de microorganismos mencionados ya en "Standard Methods", de igual manera en la normativa nacional se han incorporado valores de indicadores de calidad físicos, químicos y microbiológicos basándose en dicho documento y de igual modo los métodos de detección y análisis también han sido incluidos y considerados para el análisis del agua potable.

El Servicio Nacional de Normalización busca el que se incorporen en los protocolos de calidad del agua las regulaciones emitidas por organizaciones internacionales; situación que obviamente se da también en el resto de países del mundo; bajo este esquema existe una brecha entre los países desarrollados y los en subdesarrollo, básicamente por el avance tecnológico que representa un

desafío para aquellos países en vías de desarrollo, por lo que no estaría correcto comparar los estándares de calidad del agua potable, de acuerdo a la infraestructura de las centrales de distribución de agua, o las herramientas y la adquisición de éstas de un país desarrollado como por ejemplo Estados Unidos, frente a estas circunstancias en países como Bolivia, India y en países del continente africano.

Como comparación de los propios estudios realizados en Ecuador frente a otros países, tenemos los siguientes que pueden ser considerados de importancia:

México:

En este país se encuentran establecidas las Normas Oficiales Mexicanas NOM-127-SSA1-1994, haciendo referencia a “Salud Ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos al que debe someterse el agua para su potabilización” (48), esta normativa también ha considerado como pilar fundamental para su establecimiento a los mismos métodos de estudio y análisis establecidos por Standard Methods.

En el análisis comparativo frente a la norma INEN es posible identificar una concordancia entre los valores de calidad en tanto a los parámetros físicos y químicos, donde se han mantenido en valores iguales en la mayoría de los elementos indicadores de la calidad física, con excepciones donde existe una variación mínimamente significativa, variaciones de más o menos 0,02. La diferencia significativa a mencionar es la presencia de aluminio en donde las normas mexicanas tienen establecido un límite máximo permitido de 0.20 mg/L, que a comparación de la norma ecuatoriana en su última revisión establece ausencia total.

La NOM establece un índice de permisibilidad microbiológico más bajo en comparación de la Norma INEN, puesto que en la NOM se establece que para coliformes fecales debe existir ausencia de NMP o UFC, según el método de análisis utilizado, en cuanto que la Normativa Ecuatoriana establece un límite de permisibilidad >1.1 NMP o >1 UFC, es aquí donde existe una diferencia

significativa en comparación a esta normativa internacional, pese a haber tenido una última revisión de la normativa nacional ecuatoriana en el 2020.

Colombia:

En nuestro país vecino se encuentran en vigencia decretos y resoluciones presidenciales con el fin de regular la calidad del agua potable y establecer los estándares de calidad que se debe cumplir para garantizar que el agua sea apta para el consumo humano. Decreto 1575 del año 2007 , donde se determinan las directrices básicas para la protección y control de la calidad del agua potable con el fin de monitorear, prevenir y controlar riesgos para la salud humana mediante su consumo (49) y otorga la facultad de control, vigilancia, responsabilidad y administración al Ministerio de Protección Social; a partir del cual surge la Resolución Ministerial 2115 de junio de 2007 (50) en la cual se encuentra un capítulo completo detallando las técnicas de uso para análisis microbiológicos y los valores establecidos de acuerdo a cada método de análisis, determinándose así que para coliformes fecales y como tal *E. coli*, debe existir ausencia total de UFC por cada 100 cm³ de agua analizada por la técnica de filtración de membrana, si la muestra de agua es analizada por la técnica enzima- sustrato o como se conoce en Ecuador: “técnica de tubos múltiples”, debe existir < 1 NMP de microorganismos por cada 100 cm³ de muestra.

Dada la comparación con la Norma ecuatoriana INEN 1108, Colombia mantiene valores equivalentes; los que demuestran que la normativa colombiana se asemeja a las regulaciones de “Standard Methods”, y éstos a su vez a las recomendaciones dadas por los entes internacionales ISO y OMS. La diferenciación radica en la terminología que se utiliza, y que en la norma colombiana existe un mayor desarrollo de procesos, ya sea para toma de muestras, como para vigilancia y control del cumplimiento de los parámetros.

Como último estudio, y reflejando una realidad muy extrema, se ha encontrado el análisis de un estudio realizado en la India, país donde a pesar de existir muchos factores a ser analizados, cuentan con los mismos estándares de calidad y no existe variación significativa, se aplican las regulaciones de “Standard Methods”, a

pesar de presentar situaciones que por razones de territorio, densidad poblacional y factores ambientales, son sustancialmente diferentes al Ecuador. India es un país que todos los años sufre de la temporada de monzones, mantiene una densidad poblacional que no se podría llegar a comparar con nuestro país y debido a que se presentan las cuatro estaciones tienen marcadas épocas de sequías.

Bajo este análisis, prácticamente la mayoría de países del mundo mantienen una normativa equivalente, pero lo principal del tema es más allá de la normativa, la realidad que vive cada país, lo que va a estar definido por distintos factores y la capacidad de cada ente regulatorio para manejar la situación que se presente y garantizar agua de calidad para los consumidores.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1.- CONCLUSIONES

- La información de esta búsqueda bibliográfica, muestra que en Ecuador no está garantizado completamente el suministro de agua potable, si bien es un derecho fundamental del Buen Vivir al que hace énfasis la constitución, aún existen falencias en los sistemas de potabilización y distribución; lo que no garantiza que los consumidores se provean todo el tiempo de agua segura, además es importante destacar que aún existen sectores rurales del país que no cuentan con abastecimiento de agua potable, lo que conlleva a la presencia continua de enfermedades de transmisión por el agua, afectando así a la Salud Pública del Ecuador.
- La Normativa Nacional para el agua potable INEN 1108 se ha regido estrictamente para su establecimiento en pilares fundamentales como son las guías emitidas por organizaciones Internacionales que mantienen su obligatoriedad en el mundo con el fin de manejar de la mejor manera posible los procesos de potabilización, que tiene como finalidad la prevención de enfermedades y riesgos para la población y que el Ecuador al ser parte tanto de la ONU como de la OMS ha adquirido la responsabilidad de acatar las normas o tratados emitidos por dichas instituciones.
- Normas internacionales de países como México y Colombia a comparación del Ecuador no presentan variación significativa en los parámetros de calidad física, química y microbiológica del agua para consumo humano, por lo que se concluye que la Norma Técnica Ecuatoriana se encuentra establecida con parámetros que se mantienen en países de la región.

VI.2.- RECOMENDACIONES

- Es importante que los organismos correspondientes aborden con la seriedad pertinente el tema de potabilización y abastecimiento a nivel nacional, con el fin de proveer de agua potable segura para el consumidor y a todas las comunidades y sectores rurales del país. El Ecuador es un país con muchas fuentes hídricas, goza de salida al mar en toda su parte costanera, mantiene una región central cruzada por la Cordillera de Los Andes, de donde nacen diversas fuentes de agua, se cuenta con los cascos congelados de varias de sus montañas a lo largo de la región sierra, en la zona de la Amazonía se encuentran las fuentes hídricas de ríos muy importantes no solamente para el país sino para América del Sur, razón por la cual el país cuenta con suficientes fuentes de agua para abastecer a su población.
- Cuando se hace referencia al agua potable apta para el consumo humano, tan solo la presencia de fuentes de agua no son suficientes, ya que las mismas tienen que pasar por una serie de tratamientos y cumplir los requisitos que se consideran necesarios para adquirir justamente esta aptitud de consumo, por lo que se recomienda considerar en invertir en mayor tecnología para poder lograr que los procesos de tratamiento y distribución sean efectivos y que se cumpla con esta necesidad básica de todos los seres humanos, no únicamente a niveles unipersonales, sino como sociedad en sí.
- Como ultima recomendación y sin menos importancia que las anteriores es que el país siga acatando las disposiciones emitidas por organizaciones internacionales, lo cual permite la actualización constante de técnicas y procedimientos que hacen que Ecuador mantenga los mismos niveles de calidad que otros países del mundo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Robert Pulles M. Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. CENIC. 2014;45(1):13.
2. Orellana Yanez V, Calderón López C. "CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE QUE SE DISTRIBUYE EN LOS CAMPUS: CENTRAL, HOSPITALIDAD, BALZAY, PARAÍSO, YANUNCAY Y LAS GRANJAS DE IRQUIS Y ROMERAL PERTENECIENTES A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA". :145.
3. Ortiz Mayorga LC. Análisis físico, químico y microbiológico del sistema de agua de la Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado Regional Yanahurco antes y después del tratamiento convencional. diciembre de 2015;203.
4. Terneus-Jácome E, Yáñez P. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES EN TORNO A LA CALIDAD DEL AGUA, EL USO DE BIOINDICADORES ACUÁTICOS Y LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA FLUVIAL EN ECUADOR. GRANJA Rev Cienc Vida. marzo de 2018;27(1):36-50.
5. Willians R, Tirao J, Davidovich L, Taboada López G, Gaffield C, Mellowes W, et al. Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades [Internet]. México: IANAS; 2019. 661 p. Disponible en: <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>
6. Tabares LF, González L. Prevalencia de parasitosis intestinales en niños menores de 12 años, hábitos higiénicos, características de las viviendas y presencia de bacterias en el agua en una vereda de Sabaneta, Antioquia, Colombia. Iatreia. 3 de septiembre de 2008;21(3):ág. 253-259.
7. Solarte Y, Peña M, Madera C. Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. Colomb Médica. 2006;37(1):74-82.
8. Enríquez EO, Márgez JPF, Giovanni GDD, Díaz BC. Contaminación fecal en agua potable del Valle de Juárez. 2013;9.
9. Bravo Moreira CD, Bello Moreira ÍP, López Zambrano YM. Contaminación de agua cruda de río y potabilizada de consumo doméstico en Manta - Ecuador. Dominio Las Cienc. 11 de julio de 2016;2(3):171-86.
10. Santos Chacha LM, Santos Chacha GV, Pizarro Calle PF. Prevalencia y factores asociados al parasitismo intestinal en los/as estudiantes del Instituto Intercultural Bilingüe de la comunidad de Quilloac de la provincial del Cañar". :84.

11. Gutiérrez D, Torres M. ESTUDIO COMPARATIVO Y ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DE EL AGUA POTABLE EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PARROQUIA GUAPÁN DEL CANTÓN AZÓGUES. :129.
12. López SA, Ochoa JA. PREVALENCIA DE PARASITOSIS INTESTINAL EN HABITANTES DE LA PARROQUIA PRINCIPAL DEL CANTÓN CHORDELEG- AZUAY. 2016 [Internet]. [Chordeleg- Azuay]: Universidad de Cuenca; 2016. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/94268481.pdf>
13. Allier Cruz RA. Química General [Internet]. 1.^a ed. McGraw- Hill Interamericana; 2011 [citado 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com.vpn.ucacue.edu.ec/Stage.aspx>
14. Fernández Cirelli A. El agua: un recurso esencial. 3. 11 de diciembre de 2012;11:25.
15. Perez López JE. CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE Y EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA CIUDAD DE YOPAL. 2010;95.
16. Maderey Rascón LE, Jiménez Roman A. Principios de Hidrogeografía. Estudio Del Ciclo Hidrológico. 1.^a ed. UNAM; 2005. 108 p.
17. García Rodríguez M. Biología y Geología. Alcobendas: Cen Oposiciones; 2009.
18. Dominguez Mancheno GA, Ramos Rosero CA. Evaluación de la calidad del agua en la quebrada Huarmiyacu del cantón Urcuquí, provincia de Imbabura para el prediseño de la planta de potabilización de agua para consumo humano de las poblaciones de San Blas y Urcuquí. 2015;245.
19. Carbajal Azcona Á, Gonzáles Fernández M. Agua para la salud: pasado, presente y futuro. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 2012. 129 p. (Monografías).
20. Norma INEN agua potable.pdf [Internet]. [citado 5 de junio de 2020]. Disponible en: <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>
21. Jiménez BE. La Contaminación Ambiental en México. Editorial Limusa; 2001. 930 p.
22. Aguilar Sequieros O, Navarro Alfaro B. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA COMUNIDAD DE LLAÑUCANCHA DEL DISTRITO DE ABANCAY, PROVINCIA DE ABANCAY 2017. [Internet]. [Perú]: Universidad Tecnológica De los Andes; 2018. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/handle/utea/130/Tesis-Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

23. Hernández Víquez C. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y propuesta de alternativas tendientes a su mejora, en la Comunidad de 4 Millas de Matina, Limón. [Internet]. Universidad Nacional; 2016. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/13212/2016%20Hern+%C3%ADndez%20Lic%20Contaminaci+%C2%A6n%20Agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
24. World Health Organization. Guías para la calidad de agua potable. Vol. 1. Geneva; 2006.
25. Chanaluiza Choloquina AI. "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UBICADA EN LA PARROQUIA ENOKANQUI DEL CANTÓN JOYA DE LOS SACHAS". [Riobamba- Ecuador]: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2015.
26. Idrovo C. OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE UCHUPUCUN. [Cuenca]: Universidad de Cuenca; 2010.
27. Proceso potabilización(Sansa).pdf [Internet]. [citado 4 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n\(Sansa\).pdf](http://www.elaguapotable.com/Proceso%20potabilizaci%C3%B3n(Sansa).pdf)
28. Comisión Nacional del Agua (México), Subdirección General de Agua Potable D y S. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento MAPAS. CONAGUA SEMARNAT; 2007.
29. Instituto Ecuatoriano de Normalización. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO. [Internet]. 2013. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>
30. Instituto Ecuatoriano de Normalización. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO MANEJO Y CONSERVACION DE MUESTRAS [Internet]. 2013. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACI%C3%93N-DE-MUESTRAS.pdf>
31. Instituto Ecuatoriano de Normalización. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO [Internet]. 2013. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf>
32. Servicio Ecuatoriano de Normalización. AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS [Internet]. 2020. Disponible en:

https://drive.google.com/file/d/18RCGwTBz2lsWBbOayg_kMmDDjY1r98wa/view

33. Molina A, Pozo M, Serrano JC. Agua, saneamiento e higiene: Medición de los ODS en Ecuador [Internet]. Quito, Ecuador; 2018. 79 p. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/AGUA,_SANEAMIENTO_e_HIGIENE.pdf
34. Calidad de Agua en Red de Distribución [Internet]. Bienvenido a EPMAPS. [citado 10 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.aguaquito.gob.ec/4572-2/>
35. Toranzos M. El agua de la urbe, aún con residuos de heces [Internet]. Expreso. 2019. Disponible en: <https://www.expreso.ec/guayaquil/agua-urbe-residuos-heces-1455.html>
36. López H. Zonas Mantenimiento Urbano [Internet]. [citado 10 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.etapa.net.ec/Portals/0/Agua%20Potable/OperacionMantenimiento/ZonasMantenimientoUrbano.jpg>
37. Baque Mite R, Simba Ochoa L, Gonzáles Ozorio B, Suatunce P, Diaz Ocampo E, Cadme Arevalo L. Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. Cienc UNEMI. 20 de diciembre de 2016;9(20):109-17.
38. ISO 24510:2007(es), [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:24510:ed-1:v1:es>
39. nte_inen_iso_24510.pdf [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_24510.pdf
40. nte_inen_iso_24511.pdf [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_24511.pdf
41. ISO 24511:2007(es), Actividades relacionadas con los servicios de agua potable y de agua residual — Directrices para la gestión de las entidades prestadoras de servicios de agua residual y para la evaluación de los servicios de agua residual [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:24511:ed-1:v1:es>
42. ISO 24512:2007(es), [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:24512:ed-1:v1:es>
43. nte_inen_iso_24512.pdf [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_24512.pdf

44. consumo_agua.pdf [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: https://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/consumo_agua.pdf
45. 9711 pathogenic protozoa. En: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater [Internet]. American Public Health Association; 2018 [citado 11 de febrero de 2021]. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Disponible en: <https://www.standardmethods.org/doi/full/10.2105/SMWW.2882.204>
46. 9260 detection of pathogenic bacteria. En: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater [Internet]. American Public Health Association; 2018 [citado 11 de febrero de 2021]. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Disponible en: <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.201>
47. 9510 detection of enteric viruses. En: Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater [Internet]. American Public Health Association; 2018 [citado 11 de febrero de 2021]. (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater). Disponible en: <https://www.standardmethods.org/doi/10.2105/SMWW.2882.202>
48. 127-ssa1.pdf [Internet]. [citado 11 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/1996/127-ssa1.pdf>
49. Palacio Betancourt D. Decreto Número 1575 de 2007. may 9, 2007 p. 14.
50. Palacio Betancourt D. Resolución Número 2115. jun 22, 2007 p. 23.

ANEXOS

ANEXOS REQUERIDOS

- **Anexo 1.** Autorización para subir al repositorio digital.

PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **DIGNA YADIRA ALBARRACIN SOLIS**, portadora de las cédula de ciudadanía N° **0302587332** en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “ **Calidad microbiológica del agua potable**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 8 de abril de 2021

F:

C.I. 0302587332

Anexo 2. Documento antiplagio.

Cuenca, 02 de marzo de 2021.

Abogada

Stephanie Alexandra Amaya Pardo.

SECRETARIA AUXILIAR DE LA CARRERA DE BIOFARMACIA

Su despacho.

De mi consideración.

Luego de expresarle un cordial y atento saludo, por medio del presente informo que, llevado a cabo el proceso de titulación, los estudiantes entregaron sus trabajos a la Unidad de Titulación e Investigación - Carrera de Biofarmacia, mismas que se encargaron de verificar el contenido de originalidad mediante la herramienta antiplagio Turnitin, entregando los resultados acordes a las exigencias de la Universidad.

Así, **ALBARRACIN SOLIS DIGNA YADIRA**, con su trabajo titulado, **CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE**, obteniendo en el informe de originalidad un 9% lo cual le permite continuar con los trámites correspondientes a su titulación.

Por la favorable acogida que se digne dar al presente anticipo mis agradecimientos.

Atentamente,

Q.F. Karla Pacheco C. MSc.
RESPONSABLE DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN
CARRERA DE BIOFARMACIA / BIOQUÍMICA Y FARMACIA
