



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA
DESTINADA AL CONSUMO HUMANO PARA LA DEMOSTRACIÓN DE
SU CALIDAD E INOCUIDAD

CARRION UZHCA MARIA LISBETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL
AGUA DESTINADA AL CONSUMO HUMANO PARA LA
DEMOSTRACIÓN DE SU CALIDAD E INOCUIDAD

CARRION UZHCA MARIA LISBETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EXAMEN COMPLEXIVO

EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DESTINADA
AL CONSUMO HUMANO PARA LA DEMOSTRACIÓN DE SU CALIDAD E
INOCUIDAD

CARRION UZHCA MARIA LISBETH
BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA

DUTAN TORRES FAUSTO BALDEMAR

MACHALA, 22 DE AGOSTO DE 2022

MACHALA
22 de agosto de 2022

Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano para la demostración de su calidad e inocuidad

por Maria Lisbeth Carrion Uzhca

Fecha de entrega: 16-ago-2022 02:23p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1883288692

Nombre del archivo: CARRION_UZHCA_MARIA_LISBETH_PT-280322_EC_2.docx (241.37K)

Total de palabras: 2948

Total de caracteres: 15585

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CARRION UZHCA MARIA LISBETH, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua destinada al consumo humano para la demostración de su calidad e inocuidad, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 22 de agosto de 2022



CARRION UZHCA MARIA LISBETH
0706402682

RESUMEN

Uno de los recursos naturales más importante para los seres vivos es el agua, ya que nos sirve para distintas actividades como, el consumo humano, la agricultura, la ganadería, entre otras. Por consiguiente, es de gran importancia conocer si este recurso es de calidad al momento de consumirla, para esto, existe el análisis bromatológico, el cual, nos permite evaluar un producto, en este caso el agua y determinar sus características fisicoquímicas y microbiológicas.

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua utilizada en el consumo humano para la demostración de su calidad e inocuidad, y para cumplir con el objetivo se llevó a cabo una investigación bibliográfica y recopilación de datos que nos permitió conocer la calidad del agua en algunas ciudades del Ecuador como Guayaquil, Quevedo, Manabí, Quito, y el corredor ecológico ecuatoriano, así mismo, ciudades de Perú como Umuto y Trujillo.

Se evaluaron parámetros físicos (turbiedad, pH, dureza, color, temperatura), químicos (cloro residual, nitritos, cloruros), y microbiológicos (coliformes totales y fecales), tomando como referencia a las normas INEN y OMS.

Finalmente, se pudo demostrar que el agua para consumo que cumple con las normas son la de las siguientes localidades: en Ecuador tenemos a Guayaquil y Quito, mientras que en Perú a la localidad de Laredo – Trujillo, el resto presentaban resultados poco satisfactorios que no permitió garantizar su calidad.

Palabras claves: agua, parámetros fisicoquímicos, parámetros microbiológicos, calidad, inocuidad.

ABSTRACT

One of the most important natural resources for living beings is water, since it serves us for different activities such as human consumption, agriculture, livestock, among others. Therefore, it is of great importance to know if this resource is of quality at the time of consumption, for this, there is a bromatological analysis, which allows us to evaluate a product, in this case water, and to know its physicochemical and microbiological characteristics.

The objective of this research is to evaluate the physicochemical and microbiological quality of the water used in human consumption for the demonstration of its quality and safety, and to fulfill the objective, a bibliographical research and data collection was carried out that allowed us to know the water quality in some cities of Ecuador such as Guayaquil, Quevedo, Manabí, Quito, and the Ecuadorian ecological corridor, as well as cities in Peru such as Umuto and Trujillo.

Physical (turbidity, pH, hardness, color, temperature), chemical (residual chlorine, nitrites, chlorides), and microbiological (total and fecal coliform) parameters were evaluated, taking INEN and OMS standards as reference.

Finally, it was possible to demonstrate that the water for consumption that meets the standards is that of the following locations: in Ecuador we have Guayaquil and Quito, while in Peru the town of Laredo - Trujillo, the rest presented unsatisfactory results. that did not allow to guarantee its quality.

Keywords: water, physicochemical parameters, microbiological parameters, quality, safety.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1 Pregunta a resolver | 6 |
| 1.2 Objetivo General | 6 |
| 2. DESARROLLO | 6 |
| 2.1 Agua Potable | 6 |
| 2.3. Análisis bromatológico | 7 |
| 2.4. Características físicas | 7 |
| 2.4.1. pH | 7 |
| 2.4.2. Temperatura | 7 |
| 2.5. Características químicas | 8 |
| 2.5.1. Cloro libre residual | 8 |
| 2.6. Características microbiológicas | 9 |
| 2.6.1. Coliformes totales o fecales | 9 |
| 2.7. Inocuidad del agua potable | 9 |
| 2.8. Análisis de los artículos científicos y manuscritos publicados | 10 |
| 2.9. Tabla de resultados | 11 |
| 3. CONCLUSIÓN | 14 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA | 15 |

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso de gran importancia para todos los seres vivos, se sabe que el 70 % del planeta Tierra se encuentra cubierto por agua, y únicamente el 3 % es dulce, la cual, nos sirve para vivir, por tal razón, el conocer la calidad integral del agua es importante.¹ Esta cubre muchas necesidades básicas para el ser humano, las cuales son: para el consumo humano, para la higiene o aseo personal, además, se lo utiliza en la ganadería, en el riego de cultivos o agricultura, en diferentes industrias, entre otros.²

Los problemas de salud más urgentes son las enfermedades como la hepatitis, la diarrea, la disentería, el cólera, entre otras,³ que pueden ser causadas por la ingesta de aguas contaminadas y de mala calidad o sin un correcto saneamiento, de manera análoga, en el Ecuador existen limitaciones en el acceso de este recurso, en especial en zonas rurales, ya que al no contar el mismo, buscan la manera de abastecerse mediante pozos profundos, vertientes de agua naturales, o aguas de lluvia.⁴

Muchos de los factores que aportan a la contaminación de un cuerpo de agua son producidos por cambios climáticos como inundaciones, sequías, otros pueden ser las actividades ganaderas, agrícolas, residuos automotrices, por la contaminación de desechos biodegradables o sólidos, entre otros.⁵

El análisis bromatológico es un conjunto de herramientas que permite evaluar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que cuantifican la integridad de un recurso, en este caso el agua.⁴ Para que el agua sea apta para su consumo debe tener los siguientes requisitos: ser libre de microorganismos que pueden originar enfermedades, que se encuentre libre de compuestos perjudiciales para la salud, que sea admisible y tenga un buen color, olor, sabor, etc.²

Por ejemplo, en un estudio realizado en Perú, se analizaron muestras de los caseríos del distrito de Mollepata siguiendo los procedimientos establecidos para el análisis de: oxidabilidad por materia orgánica, alcalinidad, dureza, carácter organoléptico, cloro residual y pH, llegando a la conclusión de que el agua consumida por los pobladores de Mollepata si era apta para su consumo.

El siguiente trabajo de investigación se lo realizó con el propósito de demostrar la importancia de un análisis bromatológico de agua de consumo humano, pues existen

distintos factores que hacen que la calidad del agua cambie, lo que hace que sea importante la evaluación de calidad constante de los cuerpos de agua y más si estos sirven para abastecer a la población,⁴ además, de poder aplicar medidas correctivas para mejorar su calidad y así evitar enfermedades concomitante al agua, causadas por microorganismos, materiales orgánicos, inorgánicos y metales pesados, entre otros.¹

1.1 Pregunta a resolver

¿Existen estudios publicados en el Ecuador sobre el análisis bromatológico de agua de consumo humano en las grandes ciudades del país?

1.2 Objetivo General

Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano mediante una revisión bibliográfica de artículos científicos para la demostración de su calidad e inocuidad.

2. DESARROLLO

2.1 Agua Potable

Es el agua destinada para consumo humano, que debe cumplir con ciertos requisitos que demuestren su calidad, estos parámetros pueden ser: físicos, químicos y microbiológicos, el agua puede contener impurezas, pero en un límite que no sea dañino para la salud del ser humano,⁶ deben de estar libres de organismos que sean capaces de afectar a la salud o sustancias que causen efectos fisiológicos perjudiciales.⁷

Se la utiliza en actividades como: preparación de alimentos, fabricación o procesamiento de bebidas, en la realización de actividades domésticas como la limpieza de utensilios o higiene personal, entre muchos otros usos.⁸

2.2. Agua Cruda

Son aquellas aguas que se las pueden encontrar en la naturaleza, ya sean subterráneas o de superficie, que no han sido tratadas para asegurar su calidad e inocuidad y no han alterado su composición física, química y microbiológica.⁷

2.3. Análisis bromatológico

El análisis bromatológico es un método que nos permite evaluar de manera física, química y microbiológica y así conocer la calidad de cierto producto de consumo.⁴

2.4. Características físicas

Se refiere a las cualidades del sabor, color, olor y turbidez del agua, esto se realiza mediante pruebas organolépticas y dependiendo del aspecto se decidirá si es aceptable o no. El color del agua es atribuida a la presencia de minerales y materia orgánica, se los mide en ppm (partes por millón) o Pt-Co (platino-cobalto), la turbidez se la mide con la cantidad de luz absorbida o dispersada del agua, mientras que al sabor y el olor no se lo realiza por unidades de medida, sino por determinación subjetiva mediante pruebas sensoriales.⁹ En la siguiente tabla se observará los valores permitidos.

Tabla 1. Características físicas para el agua potable

| PARAMETRO | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Características físicas | | |
| Color | Unidades de color aparente (Pt-Co) | 15 |
| Turbiedad | NTU | 5 |
| Olor | --- | no objetable |
| Sabor | --- | no objetable |

Fuente: Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN¹⁹

2.4.1. pH

Al pH se lo define como la congregación concerniente de los iones de hidrógeno en el agua, y nos indica mediante una escala del 0 al 14 si es ácido, neutro o alcalino.¹⁰ El rango que se considera adecuado es entre 6,5 a 8,5.⁹ Se puede usar el método colorimétrico o potenciométrico.

2.4.2. Temperatura

Se considera que es idónea para el consumo a una temperatura de entre 8°C a 15° C, se lo mide generalmente con un termómetro calibrado, ya sea de mercurio o electrónico, y se lo realiza por debajo de unos 10 cm de la superficie del agua.⁹

2.4.3. Dureza

Son denominadas aguas duras a las que contienen iones de calcio y magnesio, se pueden clasificar como suaves de 0 a 15, ppm de 16 a 75 medias, de 76 a 150 duras y de 151 a 300 muy duras.¹¹

2.5. Características químicas

Este parámetro se encuentra relacionado tanto con la presencia como con la concentración de elementos y/o compuestos químicos como: el cobre, zinc, yodo, calcio, selenio, fenoles, entre otros, que se encuentran presentes en fuentes naturales o industriales, estos pueden causar corrosión en las tuberías o en los recipientes donde se almacene el agua, así mismo, estos componentes alterarán el sabor, olor y color del agua o causar daños digestivos al consumidor.¹² El valor de los rangos permitidos en mg/L de los elementos y compuestos que se encuentran en el agua potable se lo podrá observar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Características químicas para el agua potable

| Inorgánicos | | |
|---------------------------|------|-------------------------|
| Antimonio, Sb | mg/l | 0,02 |
| Arsénico, As | mg/l | 0,01 |
| Bario, Ba | mg/l | 0,7 |
| Boro, B | mg/l | 0,5 |
| Cadmio, Cd | mg/l | 0,003 |
| Cianuros, CN ⁻ | mg/l | 0,07 |
| Cloro libre residual* | mg/l | 0,3 a 1,5 ¹⁾ |
| Cobre, Cu | mg/l | 2,0 |
| Cromo, Cr (cromo total) | mg/l | 0,05 |
| Fluoruros | mg/l | 1,5 |
| Manganeso, Mn | mg/l | 0,4 |
| Mercurio, Hg | mg/l | 0,006 |
| Níquel, Ni | mg/l | 0,07 |
| Nitratos, NO ₃ | mg/l | 50 |
| Nitritos, NO ₂ | mg/l | 0,2 |
| Plomo, Pb | mg/l | 0,01 |
| Radiación total α * | Bq/l | 0,1 |
| Radiación total β ** | Bq/l | 1,0 |
| Selenio, Se | mg/l | 0,01 |

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Fuente: Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN ¹⁹

2.5.1. Cloro libre residual

Se lo encuentra como una combinación entre el hipoclorito y ácido hipocloroso, en proporciones que cambiarán según el pH, el rango que debe tener es de 0.3 a 1.5 mg/L luego de un tiempo mínimo de contacto. ⁹

2.6. Características microbiológicas

Se refiere a que dentro de este parámetro nos vamos a encontrar con la presencia de gérmenes patógenos producidos por la contaminación con heces, materia orgánica o animales en estado de descomposición, debido al contacto con los distintos cuerpos de agua.¹² Los parámetros se podrán observar en la siguiente tabla.

Tabla 3. Características microbiológicas para el agua potable

| | Máximo |
|--|-------------------|
| Coliformes fecales (1): Tubos múltiples NMP/100 ml ó Filtración por membrana ufc/ 100 ml | < 1,1 * < 1 ** |
| <i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/ litro | Ausencia |
| <i>Giardia</i> , número de quistes/ litro | Ausencia |
| * < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo | |
| ** < 1 significa que no se observan colonias | |
| (1) ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida | |

Fuente: Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN ¹⁹

2.6.1. Coliformes totales o fecales

Dentro del grupo de coliformes totales se encuentran el bacilo Gram negativo, que está presente en la flora intestinal y distribuidas en la naturaleza, la presencia de estos microorganismos indica un mal tratamiento del agua o contaminación.¹³

Los coliformes fecales son un grupo reducido de microorganismos, que puede ser *Escherichia coli* entre el más frecuente, pero también están los pocos frecuentes como la *Klebsiela pneumoniae* o *Citrobacter freundil*, en caso de haber presencia de estos coliformes su número no puede exceder de 1 a 2 coliformes NMP/100mL ⁹

2.7. Inocuidad del agua potable

Según la Real academia de la lengua española a la palabra inocuidad se la define como el carácter de ser inocuo o que no cause daño cuando se consume un producto,¹⁴ es por esta razón que al agua potable se la considera como inocua.

2.8. Análisis de los artículos científicos y manuscritos publicados

Una investigación realizada por Matos Andrea, en el año 2015 en la ciudad de Guayaquil, Ecuador, realizó un control de los parámetros fisicoquímicos del agua potable en la planta potabilizadora de las costas del Ecuador, se evaluó el cloro residual, pH, turbiedad, los cuales, arrojaron valores positivos, ya que si cumplen con los valores indicados por la norma INEN y es apta para el consumo humano, además, de contar con información que indica cómo se realiza el proceso de potabilización.¹⁵

Una investigación realizada por Ronal Mantilla y Héctor Sánchez, en el año 2015, en los caseríos del distrito Laredo - provincia de Trujillo en Perú, realizaron un análisis bromatológico en el agua de consumo, tomando 23 muestras de agua de las distintas redes de distribución, se evaluaron los siguientes parámetros: carácter organoléptico, alcalinidad, pH, dureza, cloro residual, entre otros. Llegando a la conclusión de que el agua de esa localidad se encuentra apta para su consumo, ya que cumple con los parámetros y normas.¹⁶

Un estudio realizado por Renato Baqué junto a otros colaboradores realizaron una evaluación de calidad al agua de consumo del cantón Quevedo perteneciente a la provincia de los Ríos en Ecuador, fue realizado en el año 2016, donde se evaluaron parámetros fisicoquímicos (dureza total, pH, turbidez, sólidos totales, entre otros) y microbiológicos tomando como referencia a los valores establecido por las normas INEN, se evaluaron muestras del agua de dos tipos de épocas lluviosa y seca, llegando a la conclusión de que el agua de Quevedo posee una leve contaminación.¹

Un estudio realizado por Leonel Lucas y Ángela Mendoza en Manabí, Ecuador, en el año 2018, donde procedieron a evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua para consumo, en las comunidades de Julián, Severino y Balsas en Medio, para el cual, se realizó la toma de muestra de agua superficial de estos lugares, llegando a la conclusión de que el recurso hídrico de la localidad de Julián y

Balsas en Medio son aguas poco contaminadas y la de Severino se la clasificó como contaminada.⁴

En otro estudio realizado por José Velasteguí, en el corredor ecológico ecuatoriano Llanganates - Sangay, en el año 2018, se realizó la evaluación de 18 tipos de muestras de los ríos de las localidades de Ulba, Río Verde, Agoyán, Río Negro, Río Blanco, Shell y Mera, los parámetros a evaluar fueron físico-químicos (color, turbidez, pH, dureza, sólidos totales), microbiológicos como coliforme totales y fecales, parámetros que ayudaron a conocer la calidad del agua y dieron como resultado que únicamente la de la localidad de Ulba es potable, mientras que las demás localidades no lo eran, pues no cumplían con las normas.¹⁷

En un estudio realizado en Quito por Stephanie Torres junto a otros colaboradores en el año 2019, realizaron un análisis fisicoquímico en la empresa pública metropolitana de agua potable y saneamiento, la cual, es la encargada de distribuir y potabilizar el agua en Quito, durante el procedimiento se tomaron muestras por 5 semanas y se realizó una evaluación sensorial, parámetros fisicoquímicos y además se evaluó los minerales disueltos para relacionar si influyen o no en el sabor del agua potable, entre todas las muestras tomadas, solo una fue valorada como salobre en la evaluación sensorial y el resto si cumplía con las normas ecuatorianas.¹⁸

Una investigación realizada por Esther Fernández en Perú en el año 2019, realizó un análisis microbiológico del agua potable, en el reservorio de Umuto, del distrito El Tambo, agua que sirve para abastecer a los pobladores de Umuto y Aza, se recolectó 18 muestras de agua del reservorio y otras 8 muestras que procedían de los domicilios de manera aleatoria 1 muestra por semana durante 6 semanas, a estas muestras se les hizo un recuento de bacterias heterotróficas, colimetría fecales y totales, al finalizar las pruebas se determinó que ninguna de las muestras cumplían con las normas, por lo que no eran aptas para el consumo.¹²

2.9. Tabla de resultados

Al finalizar la revisión de los artículos científicos y manuscritos publicados, sobre el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua para consumo humano, se presentan

en las siguientes tablas los resultados que obtuvieron los autores en cada una de sus investigaciones.

Tabla 4. Análisis físico del agua destinada al consumo humano

| Autor | Lugar | Ensayo | Resultado | Parámetro |
|--|--|---------------|------------------|------------------|
| Matos Andrea, 2015 | Planta potabilizadora, Guayaquil | Turbiedad | 0,46 | máx. 5 NTU |
| | | pH | 7,36 | 6,5 - 8,5 |
| Ronal Mantilla & Héctor Sánchez, 2015 | Laredo, Trujillo -Perú | Dureza | 238,14 | máx. 500 mg/L |
| | | pH | 6,5 | 6,5 - 8,5 |
| Renato Baqué & otros, 2016 | Quevedo, EPMAPAQ (Empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado de Quevedo) | Color | 26 | máx. 15 (Pt-co) |
| | | Turbiedad | 1,4 | máx. 5 NTU |
| | | pH | 7,45 | 6,5 - 8,5 |
| | | Dureza | 149,2 | máx. 500 mg/L |
| | | Temperatura | 25,8 | --- |
| Leonel Lucas & Ángela Mendoza, 2018 | Cantón Bolívar, Manabí Localidad Julián | Turbiedad | 6 | máx. 5 NTU |
| | | Dureza | 213 | máx. 500 mg/L |
| | | Temperatura | 23,5 | --- |
| José Velasteguí, 2018 | Corredor ecológico ecuadoriano Llanganates-Sangay Río Verde | Color | 52,7 | máx. 15 (Pt-co) |
| | | Turbiedad | 6,3 | máx. 5 NTU |
| | | pH | 7,7 | 6,5 - 8,5 |
| | | Dureza | 50 | máx. 500 mg/L |

Fuente: 15, 16, 1, 4, 17

En la tabla 4, se observa el análisis físico del agua que fue realizado en distintas ciudades del Ecuador y Perú, donde se evaluaron los siguientes parámetros: turbiedad, pH, dureza, color, temperatura. Se determinó que el parámetro de turbiedad de Manabí y el corredor ecológico ecuatoriano poseían valores fuera del límite permisible, así mismo, el parámetro de color de Quevedo no se encontraba dentro del límite permisible.

El resto de los parámetros si cumplen con las normas INEN y OMS lo que significa que son aptas para el consumo humano.

Tabla 5. Análisis químico del agua destinada al consumo humano

| Autor | Lugar | Ensayo | Resultado | Parámetro |
|--|---|--|------------------|------------------|
| Matos Andrea, 2015 | Planta potabilizadora, Guayaquil | Cloro residual | 2.5 | 0.3 -1.5 mg/L |
| Renato Baqué & otros, 2016 | Quevedo, EPMAPAQ | Cloruros | 5.9 | máx 250 mg/L |
| | | Nitratos (NO ₃) ⁻ | 0.42 | máx 50 mg/L |
| | | Nitritos (NO ₂) ⁻ | 0.154 | máx 50 mg/L |
| Leonel Lucas & Ángela Mendoza, 2018 | Cantón Bolívar, Manabí Localidad Julián | Cloruros | 21.00 | máx 250 mg/L |
| | | Nitritos (NO ₂) ⁻ | 0.08 | máx 50 mg/L |
| José Velasteguí, 2018 | Corredor ecológico ecuatoriano Llanganates-Sangay Río Verde | Cloruros | 5.8 | máx 250 mg/L |
| | | Nitratos(NO ₃) ⁻ | 0.17 | máx 50 mg/L |
| Stephanie Torres & otros, 2019 | Empresa pública metropolitana de agua potables y saneamiento, Quito | Cloro residual | 1.09 | 0.3 -1.5 mg/L |
| | | Nitratos (NO ₃) ⁻ | 0.001 | máx 50 mg/L |

Fuente: ^{15, 1, 4, 17, 18}

En la tabla 5, se observa el análisis químico del agua, donde se evaluaron parámetros como el cloro residual, cloruros, nitratos, y nitritos, que fueron comparados con las normas INEN y OMS. Se demostró que únicamente el cloro residual de la planta potabilizadora de Guayaquil sobrepasaba el rango permisible, pero según la Autora Matos Andrea es normal, pues es necesario que tenga exceso de cloro, ya que, al distribuirse el agua en las tuberías, esta irá disminuyendo,¹⁵ el agua potable evaluada en las demás ciudades cumplía con las normas establecidas y eran aptas para el consumo humano.

Tabla 6. Análisis microbiológico del agua destinada al consumo humano

| Autor | Lugar | Ensayo | Resultado | Parámetro |
|--------------|--------------|---------------|------------------|------------------|
|--------------|--------------|---------------|------------------|------------------|

| | | | | |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|----------|----------|
| Renato Baqué & otros, 2016 | Quevedo, EPMAPAQ | Coliformes fecales (NMP/100mL) | 1 | máx. 1,1 |
| | | Coliformes totales (NMP/100mL) | 1 | máx. 1,0 |
| José Velasteguí, 2018 | Corredor ecológico ecuatoriano Llanganates-Sangay Río Verde | Coliformes fecales (NMP/100 mL) | 17,7 | máx. 1,1 |
| | | Coliformes totales (NMP/100mL) | 21 | máx. 1,0 |
| Esther Fernández, 2019 | Reservorio de Umuto, El Tambo - Perú | Coliformes fecales (NMP/100mL) | Ausencia | máx. 1,1 |
| | | Coliformes totales (NMP/100mL) | 12,5 | máx. 1,0 |

Fuente: ^{1, 17, 12}

En la tabla 6 sobre el análisis microbiológico, se evaluaron parámetros de coliformes totales y coliformes fecales. Se determinó que en el corredor ecológico ambos parámetros estaban fuera del límite permitido y en el reservorio de Umuto en Perú, el parámetro de coliformes totales, se encontraba fuera del límite permitido. Demostrando así que el agua de esas localidades no poseía un tratamiento adecuado y había sido contaminada posteriormente, por lo que no es apta para su consumo.

3. CONCLUSIÓN

Mediante la revisión bibliográfica se logró evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano en distintas ciudades del Ecuador, como Guayaquil, Quevedo, Manabí, Quito y el corredor ecológico ecuatoriano, así mismo, ciudades de Perú como Umuto y Trujillo, donde se evaluaron parámetros como turbiedad, pH, dureza, temperatura, cloro residual, nitratos, cloruros, coliformes totales y fecales y que fueron comparados con las normas INEN y OMS.

Llegando a la conclusión de que los lugares donde el agua es apta para su consumo y cumple con las normativas, son las siguientes: en Ecuador tenemos a Guayaquil y Quito, mientras que en Perú a la localidad de Laredo – Trujillo.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Baque R, Simba L, González B, Suatunce P, Díaz E, Cadme L. Calidad de agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Rev Cienc UNEMI*. 2016;9:109-117.
<http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/357/309>
2. Álava Rosales LM, Marin Álvarez LS, Gallo Ibáñez NC. Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador). 2021;7:625-648.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383784>
3. Sánchez-Gutiérrez R, Benavides-Benavides C, Chaves-Villalobos M, Quirós-Vega J. Calidad del agua para consumo humano en una comunidad rural: caso Corral de Piedra, Guanacaste, Costa Rica. *Rev Tecnol en Marcha*. 2020;33:3-16. doi:10.18845/tm.v33i2.4165
4. Rolando L, Vidal L, Lorena Á, Mendoza C. Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. 2018;21:39-46.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15785/13521>
5. Alcívar Bueno J, Villacres Pastor R, Marsical Santi W, García Larreta F, Sorroza Rojas N, Mariscal Garcia R. Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de pozos. *Dominio las Ciencias*. 2017;3(4):1044-1059.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325501>
6. Oliveira S, Santos C, Neto E, Oliveira A De, Brito JG De. Qualidade da água para consumo humano distribuída pelo sistema de abastecimento público em Guarabira-PB. *Rev Verde Agroecol e Desenvolv Sustentável Ar*. 2012;7(2):199-205.
<http://gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1230>
7. Instituto Ecuatoriano de Normalización I. Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. *Inst Ecuatoriano Norm*. Published online 2012:25-26. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/cpe_inen_5Parte_9-1.pdf
8. Duarte-Jaramillo L, Mendoza-Atencio MA, Jaramillo-Colorado BE. Water quality in the municipalities of Sincerín and Gambote, Bolívar, Colombia (2017-2018). *Rev Fac Ing Univ Antioquia*. 2021;(103):77-87. doi:10.17533/udea.redin.20210217

9. CRUZ VARGAS MP. Evaluación De Resultados Físicoquímicos Y Microbiológicos Del Agua Potable Expendida En Tanqueros En La Parroquia El Morro Del Cantòn Guayaquil. 2017;(1):43. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
10. Salazar, Vadia G.; Viteri, Ernesto C.; Suarez LA. Características Físicas , Químicas y Microbiológicas del agua de consumo en las comunidades de Barcelona , Sinchal , Valdivia y San Pedro de la parroquia Manglaralto . Provincia de Santa Elena , 2013. *Rev Cient Investig Actual del mundo de las Ciencias*. 2018;2:690-713. doi:10.26820/reciamuc/2.1.2018.690-713
11. Bermudez Olivia CS, Joaquin Oruna EM. Análisis Bromatológico de Agua de Consumo de los caseríos del Distrito de Mollepata, Provincia Santiago de Chuco, Septiembre 2021. Published online 2021. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17999/Bermudez Oliva Consuelo Soledad.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/17999/Bermudez%20Olivia%20Soledad.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
12. Fernández Cervantes EV. Análisis Microbiológico Del Agua Potable Del Reservorio De Umuto, El Tambo - 2018. *Transtornos Aliment*. Published online 2018:91. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/2216><http://www.scielo.br/pdf/ean/v13n2/v13n2a08.pdf>. 2009 abr-jun; 13(2).
13. Rodríguez SC, Asmundis CL, Ayala MT, Arzú OR. Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). *Rev Vet*. 2018;29(1):9. doi:10.30972/vet.2912779
14. Arispe I, Tapia MS. Inocuidad y calidad: requisitos indispensables para la protección de la salud de los consumidores. Published online 2007. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-03542007000100008
15. Matos Moreno A. Control De los Parámetros Físicos - Químicos del Agua Potable de Planta Potabilizadora de las costas del Ecuador. 2015;7(1):37-72. https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/downloadhttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil_wars_12December2010.pdf<https://think-asia.org/handle/11540/8282><https://www.jstor.org/stable/41857625>
16. Mantilla Buenaño RH, Sánchez Moreno HM. Análisis Químico- Bromatológico de agua de consumo de los caseríos del distrito de Laredo- Provincia de Trujillo 2015. 2015;10011(2):1-15. [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/1544/Mantilla Buenaño Ronal Heli.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/1544/Mantilla%20Buena%C3%B1o%20Ronal%20Heli.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

17. Velasteguí Sánchez JR. Calidad del agua para consumo humano en el corredor ecológico ecuatoriano Llanganates-Sangay. *Rev UNIANDES Episteme*. 2018;5(1):77-87. <https://core.ac.uk/download/pdf/235987801.pdf>
18. Torres-Silva S, Tapia-Calvopiña I, Goetschel ML, Pazmiño-Salazar E. Análisis físico - químico e influencia de los minerales disueltos en el sabor del agua potable, de las principales plantas de tratamiento de Quito. *Enfoque UTE*. 2020;11(4):57-70. doi:10.29019/enfoqueute.v11n4.533
19. INEN. Agua potable. Requisitos. Nte Inen 1108. *Inst Ecuatoriano Norm*. 2014;(5):1-10. <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1108-5.pdf>