

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

“Calidad del agua para consumo humano en dispensadores de agua del municipio de Álamo Temapache, Veracruz.”

PRESENTA

Jenni Joselyn Nolasco Vazquez

PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERA AMBIENTAL

DIRECTORA DE TESIS

M.C. Rosa María Monroy López

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER. JUNIO DE 2023

Dedicatoria

En honor a todas las mujeres que se dedican a hacer ciencia, quienes con su esmero y dedicación han logrado demostrar la importancia de su participación en el ámbito científico, ante el conocimiento y sabiduría que poseen cada una de ellas. Con la finalidad de mejorar el mundo, dando pauta al surgimiento de nuevas oportunidades. Así mismo, dedico también este trabajo a todas y cada una de las personas que creyeron en mí, sin hacerme creer lo contrario, enseñándome a construir una mentalidad fuerte e independiente con la capacidad de crear una serie de soluciones para afrontar cada problema y alcanzar las metas/objetivos que me proponga a lo largo de mi vida.

Por esto y más, me encuentro enormemente agradecida de volver realidad este sueño que empecé como una meta, siendo guiada de la persona que me ha acompañado durante todo este proceso lidiando hombro con hombro incluso en mis peores momentos y que sin su ayuda, esto no podría ser realidad, a la que dedico y siempre dedicaré cada uno de mis trabajos concluidos, hechos con esmero y dedicación.

Soy esto, gracias a ti. Madre.

*“Cada logro comienza con la decisión de intentarlo”. - **Gail Devers***

Agradecimientos

Me gustaría expresar mis más sinceros agradecimientos a la ingeniera Rosa María Monroy López y a la Mtra. Nancy Deyanira Hernández Castellanos, por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y desarrollo del presente trabajo de investigación, además del apoyo y disposición de tiempo que tan generosamente han sido apreciados. A quienes debo el honor de presentar como proyecto final de tesis para obtener el título de Ingeniero(a) ambiental denominado “Calidad del agua para consumo humano en dispensadores de agua del municipio de Álamo Temapache, Veracruz”.

De igual manera, mis agradecimientos se extienden al Mtro. Alejandro Cruz Hernández y al Dr. Leandro Chaires Martínez por otorgarme la disponibilidad del equipo de laboratorio para llevar a cabo mis prácticas profesionales, así como por permitirme su acceso a cualquier hora del día. De ante mano, también les agradezco por la participación y el apoyo a los maestros e ingenieros del área de investigación, además de la atención brindada para el desarrollo de nuevas técnicas que me permitieron alcanzar un mejor resultado durante mis prácticas en su ejecución y manejo.

Por último, le agradezco a mis padres por acompañarme en cada momento en este arduo camino, lleno de tropiezos, caídas, pero jamás derrotas. Enseñándome a cada paso, a seguir adelante, depositando en mí la confianza, motivación y paciencia que me han sido de gran ayuda en la culminación de este trabajo. Además de ser los principales promotores de mis sueños y metas que he llegado alcanzar durante este último año. A su vez, doy gracias a nuestro creador por brindarme la voluntad y al mismo tiempo la fortaleza de alcanzar este logro. El cual me ha costado noches de desvelos y días en los que sentía que el tiempo volaba.

Doy gracias, también a mi familia por ser mi principal base de apoyo en la realización de este proyecto, así como a la vida por brindarme salud, paciencia y forjar en mí el carácter de la disciplina que me ha permitido continuar hasta alcanzar cada uno de mis objetivos.

Resumen

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer la calidad del agua de los sistemas de abastecimiento público para consumo humano que se ubican por las diferentes colonias del municipio de Álamo Temapache, Veracruz, por medio de la medición de parámetros físicoquímicos y biológicos, como temperatura, pH, cloro total, *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* bajo la aplicación de normas mexicanas vigentes.

Durante el desarrollo de la investigación se llevó a cabo el análisis de la calidad del agua de 17 dispensadores que fueron ubicados por colonia, el procedimiento para la toma de muestras se basó bajo la norma NOM-014-SSA1-1993 para el manejo, preservación y transporte de muestras, incluyendo los aspectos bacteriológicos y físicoquímicos que se consideran dentro de los procedimientos sanitarios para el manejo y tratamiento del agua de consumo humano.

El análisis de las muestras se realizó en las instalaciones del laboratorio del Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, trasladadas de manera adecuada para evitar su contaminación por medio de tubos centrífuga de la marca falcón con capacidad de 15 ml completamente esterilizados bajo las condiciones que se indican en la norma. A través del uso de las placas Petrifilm 3M, se obtuvo una apreciación clara con respecto a la formación de unidades, también conocidas por sus siglas UFC en las que se observó la formación de colonias de *C. fecales* y *E. coli*.

Se identificó la formación de colonias de coliformes en todos los dispensadores menos en el dispensador 2. En el caso de *E. coli* se observó en los dispensadores 6, 9 y 15, en el caso de *Pseudomonas* se observó su presencia en los dispensadores 4,5,6. El análisis estadístico ANOVA muestra que el dispensador 11 y dos presentan diferencias significativas.

Summary

The present study was carried out with the purpose of knowing the quality of the water of the public supply systems for human consumption that are located in the different colonies of the municipality of Álamo Temapache, Veracruz, by means of the measurement of physical-chemical and biological parameters, such as temperature, pH, total chlorine, fecal coliforms and *Escherichia coli* under the application of current Mexican standards.

During the development of the investigation, the analysis of the water quality of 17 dispensers that were located by colony was carried out, the procedure for taking samples was based on the NOM-014-SSA1-1993 standard for the management, preservation and transport of samples, including bacteriological and physicochemical aspects that are considered within the sanitary procedures for the management and treatment of water for human consumption.

The analysis of the samples was carried out in the laboratory facilities of the Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache, transferred in an appropriate manner to avoid contamination by means of centrifuge tubes of the falcón brand with a capacity of 15 ml completely sterilized under the conditions indicated. in the norm. Through the use of 3M Petrifilm plates, a clear appreciation was obtained regarding the formation of units, also known by its acronym UFC, in which the formation of fecal C. and E. coli colonies was observed.

The formation of coliform colonies was identified in all dispensers except dispenser 2. In the case of E. coli it was observed in dispensers 6, 9 and 15, in the case of *Pseudomonas* its presence was observed in dispensers 4, 5,6. The ANOVA statistical analysis shows that dispenser 11 and two present significant differences.

Índice general

Dedicatoria.....	i
Agradecimientos	ii
Resumen.....	iii - v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	2
Problemática de la contaminación del agua en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz.....	4
Planteamiento del problema.....	5
Justificación	6
Hipótesis	6
Objetivos generales y particulares	7
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Calidad de agua.....	8
2.2 Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua	11
2.3 Parámetros biológicos de la calidad del agua	11
2.4 Problemas de salud por ingesta de agua contaminada.....	13
2.5 Normatividad aplicable a la calidad del agua potable	16
3. ESTADO DEL ARTE	18
4. METODOLOGÍA	29
Descripción del área de estudio	29
Toma de muestras	32
Análisis de muestras en el laboratorio	32
Descripción del análisis de muestras con base a la medición de los parámetros físicoquímicos y biológicos para determinar la calidad del agua	33
Análisis estadístico	34
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
6. CONCLUSIONES.....	45
7. Referencias bibliográficas.....	46

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Álamo, Tempache ((SIEGVER), 2020).	29
Figura 2.- Vista satelital del municipio de Álamo, Veracruz.	30

Índice de tablas

Tabla 1.- Especificaciones sanitarias microbiológicas (NOM-127-SSA1-2021).....	12
Tabla 2.- Cepas dañinas de E.coli.....	12
Tabla 3.- Niveles de E.coli permitidos para los diferentes tipos de agua (ADEQ, 2010 and EPA, 2009).....	13
Tabla 4.- Enfermedades que se originan por el consumo de agua contaminada (Coliformes fecales y Escherichia coli)	15
Tabla 5.- Normatividad en México referente a la calidad del agua potable.	16
Tabla 6.- Evaluación de la calidad del agua para consumo humano.	18
Tabla 7.- Estudio de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua.....	21
Tabla 8.- Identificación de Coliformes fecales y Escherichia coli.	25
Tabla 9.- Número de dispensadores por colonia.....	31
Tabla 10.- Ubicación y precio del litro de agua por dispensador.	31
Tabla 11. Parámetros físicoquímicos y biológicos para el análisis de la calidad del agua...	32
Tabla 12.- Conteo general de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).....	36
Tabla 13.- Identificación de colonias que producen gas.....	38
Tabla 14.- Conteo de las colonias MNPC (Muy Numerosas Para Contar):	40
Tabla 15.- Medición del pH.....	42
Tabla 16.- Prueba de Tukey de las Unidades Formadoras de Colonias	43
Tabla 17.- Aplicación de la prueba de Tukey del coliformes fecales.....	43

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que el 80% de las enfermedades y un tercio de los fallecimientos en países en desarrollo se deben al consumo de agua contaminada que, en promedio, es la décima parte del tiempo productivo de cada persona perdido a causa de enfermedades relacionadas con el agua; debido a la falta de monitoreo general respecto a la calidad del agua con la que se brindada el recurso hídrico, ya sea para uso o consumo humano (Sostenible, 1977).

El crecimiento demográfico y el desarrollo industrial/agrícola ha ido en aumento a lo largo de los años, y la presión que se ejerce sobre los recursos hídricos resulta limitante para los demás sectores en cuanto a su aprovechamiento, debido a la alteración de sus características fisicoquímicas, microbiológicas y parasitológicas que determinan la complejidad y costos de tratamiento que los hacen aptos para su uso. Ya que, uno de los principios que orienta al suministro de agua es asegurar y ampliar el concepto de barreras múltiples, que involucran a la protección de la fuente, optimizando los procesos de las plantas de tratamiento de agua, además de un adecuado manejo de los sistemas de distribución (Betancourt y Rose, 2004).

La evaluación de la calidad del agua debe considerar el uso de indicadores representativos que garanticen un análisis integral del recurso hídrico, permitiendo tomar acciones para el manejo y control mediante los diferentes procesos de potabilización del agua; una de las herramientas más empleadas, en estos casos, son los índices de calidad del agua (ICA), cuyo uso es cada vez más popular para la identificación de las tendencias integradas a cambios referentes con la calidad de agua, especificando condiciones ambientales, apoyando en las decisiones gubernamentales y en la evaluación de programas de control (Ott, 1978; Canter, 1998).

Por medio del presente trabajo se determinó la medición de parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura y cloro) y microbiológicos (*Coliformes fecales* y *Escherichia coli*) en muestras

de agua provenientes de dispensadores de agua del municipio de Álamo Temapache Veracruz para evitar la propagación de enfermedades e infecciones en el ser humano.

1.1 Antecedentes

La evaluación de la calidad del agua para consumo humano, se comprende como un método o herramienta que se efectúa para el estudio general del agua a partir del conocimiento de características físicas, químicas y biológicas, dando pauta al descubrimiento de las condiciones en las que se encuentra para evitar el surgimiento de enfermedades infecciosas provocadas por la ingesta de agua contaminada.

El índice de calidad de agua (ICA), por ende, establecen una relación entre dos variables la salud y el crecimiento económico, cuyos conceptos son unificados para fomentar el desarrollo de un bienestar humano y al mismo tiempo, sostenible (Chávez, 2018), el índice de calidad de agua se basa en una metodología para calcular la calidad del recurso hídrico con el objetivo de determinar la ausencia o presencia de microorganismos encargados de ocasionar enfermedades que perjudican la salud del ser humano.

La evaluación y aceptación de los sistemas de evaluación por las agencias de monitoreo en los años 70's adquirieron mayor importancia dentro del estudio y/o evaluación de la calidad del agua, debido a que durante la planificación y desarrollo de la metodología fue notorio su mejoramiento y aplicación para los índices generales de la calidad, siendo empleada por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en el año de 1975 (NAS, 1975). Con base a la identificación de nueve parámetros (DBO₅, OD, Coliformes fecales, NO₃ - N, pH, cambio de temperatura, SDT, fósforo total y turbiedad) (NSF, 2006) considerado como uno de los más utilizados por agencias e instituciones de los Estados Unidos.

Através del surgimiento de teorías con base a la medición de los índices ambientales y su desarrollo, el reconocimiento de nuevos enfoques y herramientas para el desarrollo de investigaciones basadas en la creación de un índice universal de la calidad del agua

desarrollado por las comunidades Europeas permitió evaluar la calidad del agua como principal fuente de agua potable. Dado que este indicador se enfoca en la evaluación de doce variables, que son: cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico, fluoruro, nitratos, OD, DBO₅, fósforo total, pH y coliformes fecales (Boyacioglu, 2007).

En latinoamerica, la aplicación y mejoramiento de estos índices ha obtenido mayor auge en México, debido a que el desarrollo de diversos ICA (Índice de Calidad de Agua) se basa en la prevención y control de la contaminación del agua. Inclinandosé hacía la obtención de un estudio general de sus características, adaptado y modificado por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE). Por ello, la medición de los parámetros físico químicos de la calidad del agua para consumo humano permiten brindar una información extensa y fundamentada en la naturaleza de las especies químicas del agua junto a sus propiedades físicas.

Sin embargo, la disponibilidad del agua en México no sólo depende de la cantidad, sino también de su calidad aunque existan diversas formas de adquirirla. Se conoce que en la antigüedad, la calidad del agua se clasificaba sólo por su aspecto, sabor, color y olor, considerando que en la actualidad los avances científicos y tecnológicos han contribuido en la observación de sus caracteres, además del desarrollo de técnicas analíticas y procesos que incluyan la capacidad de identificar y remover una amplia lista de compuestos provenientes del recurso hídrico de tal manera que sea posible convertir el agua en agua potable, es decir, apta para el consumo humano mediante la depuración del agua residual (Jiménez, 2001).

Debido al costo, la aplicación de los conocimientos de forma común basados en políticas integrales de administración del agua pretenden ir en búsqueda de la conservación de este recurso (además de la identificación del agua superficial como subterránea) así como la preservación de su calidad y uso eficiente en relación con el reúso, ahorro y recirculación del agua (Jiménez, 2001).

El origen de la contaminación de agua se debe a desechos urbanos e industriales, drenados de la agricultura y minas, erosión y derrames de sustancias tóxicas, así como efluentes provenientes de plantas depuradoras y subproductos de procesos de depuración. Es importante conocer que un contaminante se caracteriza por el exceso de materia o energía (calor) que provoque daños a los humanos, animales, plantas y bienes que perturbe negativamente las actividades que normalmente se desarrollan cerca o dentro de un cuerpo de agua (Jiménez, 2001).

1.2 Problemática de la contaminación del agua en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz.

El municipio de Álamo Temapache Veracruz, se ubica en la zona Norte del Estado de Veracruz a 40 metros sobre el nivel del mar, a 380 km de la capital del estado de Xalapa. Entre los paralelos 20° 47' y 21° 12' de la latitud Norte; los meridianos 97° 30' y 97° 56' de la longitud Oeste; altitud entre 10 y 500 m. Colinda al Norte con los municipios de Tepetzintla, Cerro Azul y Tamiahua; al Este con los municipios de Tamiahua, Tuxpan y Tihuatlán; al Sur con los municipios de Tihuatlán, Castillo de Teayo, el estado de Puebla y el municipio de Ixhuatlán de Madero.

La contaminación del agua en Álamo se ha visto en aumento ante a la presencia de sustancias tóxicas disueltas en el agua que vuelven cada vez más complicado su tratamiento por medio de herramientas o métodos que logren eliminar la presencia de microorganismos. Dado que la contaminación de los cuerpos de agua se origina a partir de derrames inadvertidos y accidentales hasta descargas tóxicas con intenciones delictivas (Sánchez, 2017).

Actualmente las industrias son las principales fuentes de contaminación, se obtienen contaminantes de la quema de combustibles entre los cuales se encuentra el petróleo, carbón y gas, además del agua residual que contamina el suelo, ríos y lagunas que intervienen en la restauración de los cuerpos de agua. La contaminación es un subproducto

proveniente de las actividades económicas y sociales, que se han vuelto más opresivos con el paso de los años a consecuencia del crecimiento demográfico como la expansión del consumo de materiales y energía haciendo que aumente la cantidad de desechos que se dirigen a los cuerpos de agua (Contreras y Warner, 2004).

La presencia de altas concentraciones de contaminantes, tanto biodegradables como no biodegradables, anulan la capacidad de autodepuración, rompiéndose el equilibrio y dando lugar a la drástica degradación de la calidad del agua y zonas contaminadas, así como daños en la muerte de organismos o alteraciones en el sistema (Lara, 2011).

1.3 Planteamiento del problema

El municipio de Álamo presenta problemas de escasez y contaminación de agua dulce, por lo que los sistemas de abastecimiento público han sido diseñados con la finalidad de obtener agua potable a bajo costo. Sin embargo, el registro existente de enfermedades producidas por el consumo de agua se deben a que los dispensadores no cuentan con mediciones de parámetros físicoquímicos y biológicos que se consideran para determinar la calidad del agua.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz cuentan con la seguridad de ofrecer la mejor calidad a un precio bajo dependiendo de la cantidad de agua que se obtenga, el precio por cada 20L va entre los \$8.00 y \$10.00, sin embargo los dispensadores pueden ser causantes de enfermedades por el mal manejo de mantenimiento de los mismo, por lo que se debe de evaluar la calidad de agua que se esta distribuyendo con la finalidad de garantizar una calidad adecuada de agua dulce para satisfacer las necesidades humanas y ecológicas, como parte importante de la gestión ambiental integrada y de desarrollo sostenible (Tirkey *et al.*, 2015).

1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación está enfocado en realizar un análisis de la calidad del agua en los sistemas de abastecimiento público ubicados en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz ante la presencia de bacterias como *E. coli* y *C. fecales* encargadas de ocasionar problemas en la salud del ser humano debido a su consumo.

Sin embargo, la Comisión de Agua del Estado de Veracruz (CAEV) se encarga de realizar monitoreos mensuales con el propósito de contrarrestar los índices de cloro que son considerados dentro del proceso de tratamiento del agua potable. Observando la participación de los 3 departamentos en materia de calidad, el Centro de Salud, la Jurisdicción Sanitaria de Tuxpan y CONAGUA, cuyos permisos son elaborados por el Centro de Salud de acuerdo con el área en la que se sitúe cada pozo, es decir, desde la fuente de extracción. -

Actualmente el tema sobre la calidad del agua simboliza para la Comisión de Agua del Estado de Veracruz, una herramienta esencial para preservar la salud de la población y así evitar el posible surgimiento de enfermedades infecciosas gastrointestinales. Reiterando la importancia de implementar una serie de medidas sanitarias que ayuden con el control de los índices máximos permisibles de los contaminantes que se encuentran presentes en los cuerpos de agua, conociendo sus características con el fin de brindarles un adecuado tratamiento.

1.5 Hipótesis

La calidad del agua está en función de los niveles máximos permisibles de los dispensadores de agua y de las mediciones de sus parámetros físicoquímicos/biológicos para determinar la potabilidad del recurso.

1.6 Objetivos generales y particulares

Objetivo general:

Analizar la calidad de agua de consumo humano de los dispensadores de agua ubicados en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de temperatura, cloro y pH en dispensadores de agua del municipio de Álamo Temapache, Veracruz.
- Identificar la presencia de bacterias *Coliformes fecales* y *Escherichia coli* en el agua para consumo humano de dispensadores ubicados en el municipio de Álamo Temapache, Veracruz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Calidad de agua

Los pioneros Horton y Liebman (1969) generaron una metodología unificada para el cálculo del índice de la calidad (ICA), evaluada y aceptada por las agencias de monitoreo para la calidad del agua en los años 70's cuando los ICA adquirieron mayor importancia en la evaluación del recurso hídrico. Sin embargo, durante la planificación y desarrollo de esta metodología también fue notoria la participación de *Brown et al;* y *Deininger* para el mejoramiento y aplicación del índice general de calidad de agua, siendo empleada por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos en el año de 1975 (NAS,1975).

Así mismo, con base a la aplicación de esta metodología el Departamento Escocés para el Desarrollo (SSD) en colaboración con instituciones regionales para la preservación del agua, llevaron a cabo extensas investigaciones para la evaluación de la calidad del recurso en ríos de Escocia, así como trabajos basados en la metodología Delphi, cuyo método se enfoca en el cálculo del índice de calidad (WQI) con base a la identificación de nueve parámetros, los cuales son: DBO₅, OD, Coliformes Fecales, NO₃ – N, pH, cambio de temperatura, SDT, fósforo total y turbiedad (NSF, 2006). Actualmente, este índice es considerado como uno de los más utilizados por agencias e instituciones en los Estados Unidos.

En el año de 1978, se dio a conocer mediante una discusión detallada, la teoría de los índices ambientales y su desarrollo, así como una revisión general de estos. Considerando que a partir del año de 1978 hasta 1994, las revisiones de literatura de los ICA (Índice de Calidad de Agua) esclarecieron nuevos enfoques y herramientas para el desarrollo de investigaciones. Así como la creación del índice universal de la calidad de agua (UWQI), el cual fue desarrollado por la Comunidad Europea con el fin de evaluar la calidad del agua superficial como fuente de agua potable. Ya que, este indicador se encontraba enfocado en la evaluación de doce variables, tales como: el cadmio, cianuro, mercurio, selenio, arsénico,

fluoruro, nitratos, OD, DBOs, fósforo total, pH y coliformes totales (Boyacioglu, 2007). De manera, que en el mundo existen por lo menos 30 índices referentes a la calidad del recurso hídrico que son de mayor uso y que dentro de estos son considerados de 3 a 72 variables.

Por otro lado, la creación de la metodología Amoeba también conocida como “A General Method Of Ecological and Biological Assessment” se fundamenta con base a la medición de los parámetros fisicoquímicos y biológicos que permiten la valoración ecológica y biológica de los sistemas acuáticos, empleada por el Ministerio Holandés de Transporte, así como el de Obras Públicas y Manejo del Recurso Hídrico teniendo en cuenta la producción y rendimiento agrícola ante el estudio de la diversidad sustentable de especies y su normatividad (Fernández y Solano, 2005).

En algunos países como España la adaptación de la metodología del índice de Lomantange y Provencher del estado de Québec (Canadá) se caracterizó por utilizar alrededor de 23 parámetros entre los cuales nueve son básicos y 14 complementarios, permitió el cumplimiento de los requisitos para la obtención de resultados concretos con respecto al uso del recurso hídrico, como la potabilización, contacto primario, riego y mantenimiento de la biodiversidad. Por su parte, el índice simplificado de la calidad de agua (ISQA) también es uno de los más utilizados en España, ya que se emplean parámetros como DQO, sólidos suspendidos totales (SST), conductividad y temperatura (Orozco *et al.*, 2005).

En el caso latinoamericano, el desarrollo y aplicación de los índices de calidad de agua ha adquirido mayor auge en México, desarrollando diversos ICA (Índice de Calidad de Agua). De manera que el índice INDIC-SEDUE fue el primero en aplicarse para México y Jalisco, además de tener un uso común en la antigua Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en el Departamento de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental de la Subdelegación de Ecología de la Delegación Sedue-Jalisco. Debido a que este estudio está basado en el índice creado por Dinius, adaptado y modificado por la Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica (DGPOE) de la Sedue (Montoya, *et al.*, 1997).

En el año 2004, los países que integran a la Comunidad Andina (CAN) elaboraron una metodología para la medición de la calidad de los recursos hídricos en la que se incluyen variables e indicadores para aguas superficiales, subterráneas y costeras; obteniendo como resultado de la propuesta el desarrollo de un software adecuado a los países que integran la CAM (Computer Aided Manufacturing) (OEA, 2004). No obstante, con el inicio de un programa de monitoreo, educación sanitaria y ambiental se logró enfatizar la recuperación y protección de los cuerpos de agua en el año de 1999 en la región de Chile; dado que el estudio y monitoreo del río chileno se llevó a cabo por medio de 18 estaciones, es decir, se elaboraron dos ICA para cada corriente (ICA – extendido e ICA-simplificado) y para su construcción se tomaron en cuenta una serie de parámetros representativos referentes al uso del agua y a la minimización de los costos de análisis (Debels, *et al.*, 2005).

De acuerdo con el Estudio Nacional del Agua, llevado a cabo en el país de Colombia se demostró que la medición de los parámetros fisicoquímicos se trata de una actividad rutinaria que debe realizarse dentro del estudio y/o análisis general de la calidad del agua para esclarecer de esta manera las condiciones en las que se encuentra.

De acuerdo con Ball y Church (1980), los índices pueden clasificarse en diez categorías, orientadas en cuatro grupos el grupo I que se caracteriza por aplicarse sobre tensores en donde se incluyen a sus dos principales categorías: Indicadores en la fuente e Indicadores en un punto diferente a la fuente. Mientras que, el grupo II se enfoca en la medición de la capacidad del estrés por medio de indicadores de medidas simples, así como indicadores basados en criterios o estándares, además de índices multiparámetro y multiparámetro empíricos; grupo III son indicadores diseñados para emplearse en lagos y específicamente se encuentran desarrollados para este tipo de sistemas. Por último, el grupo IV toma en cuenta las siguientes consecuencias: Indicadores de la vida acuática, uso del agua y basados en la percepción.

2.2 Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua

La medición de la calidad del agua para consumo humano se obtiene a partir del cálculo de variables físicas, químicas y biológicas, siendo evaluadas individualmente o de forma grupal. Por ello, los parámetros fisicoquímicos son los encargados de brindar una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de influencia en la vida acuática; los métodos biológicos permiten la obtención de esta información al no señalar ninguna característica del contaminante o los contaminantes responsables. Por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos respecto a la evaluación del recurso hídrico (Orozco, *et al.*, 2005).

La ventaja del uso de los parámetros fisicoquímicos se basa en la obtención de los resultados que llega a ser de manera rápida y más efectiva, siendo monitoreados frecuentemente en comparación con los parámetros biológicos. Además, la elección de las especies microbiológicas debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente sólo se realiza para un uso determinado a diferencia de las fisicoquímicas, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso.

El monitoreo debe permitir la resolución de diferentes tipos de conflictos como el consumo del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos en los cuales se involucran aspectos socioeconómicos, por lo que la medición de la calidad del agua es una herramienta importante que a través de su cálculo involucra más de una variable, de tal manera que el uso correcto de estos indicadores permite utilizarlos para la evaluación de los programas de gestión de recursos hídricos (Ruiz, 2007).

2.3 Parámetros biológicos de la calidad del agua

La función que cumplen los microorganismos presentes en el agua es establecer un control de calidad considerando su medio natural de vida, ya sea en el agua o por medio de poblaciones transitorias introducidas por el ser humano. Actualmente los estudios para la

determinación de estos parámetros están basados en un número de organismos significativos y cuantitativamente determinables con respecto a los cambios de las condiciones de su existencia y efectos, identificando la sistemática y enumeración estadística de las poblaciones.

El interés de esta evaluación se centra en la presencia e importancia de organismos sustitutos como indicadores de la posible presencia de patógenos y sobre la necesidad de adoptar medidas efectivas para la destrucción o control de los organismos contaminantes. A su vez, la normatividad con base a la medición de los parámetros biológicos en las aguas potables recoge una serie de análisis microbiológicos que comprende a un análisis mínimo de *Coliformes totales* y *fecales*; por su parte, los parámetros biológicos son utilizados como índices para medir la calidad del agua con el objetivo de conocer su estado (Tabla 1 y 2).

Tabla 1.- Especificaciones sanitarias microbiológicas (*NOM-127-SSA1-2021*).

Parámetros	Límite permisible	Unidades
<i>Escherichia coli</i>	< 1.1	NMP/100 MI
<i>Coliformes fecales</i>	< 1	UFC/100 MI
Organismos termotolerantes	Ausencia	Ausencia o presencia/100 MI

Tabla 2.- Cepas dañinas de *E.coli*

Cepas de <i>E.coli</i>	Modo de transmisión	Enfermedad
Enterotoxigénico (ETEC)	Alimentos o ingestión de agua	EPEC provoca diarrea sin fiebre. Es común en los bebés y es a menudo la causa de diarrea de los viajeros.
Enteropatógeno (EPEC)	La ingestión de alimentos o agua, el contacto humano directo e indirecto	EPEC causa diarrea acuosa, a veces con sangre. Es una causa común de diarrea infantil en los países subdesarrollados.
Enterohemorrágico (EHEC)	Alimentos/ingestión, el contacto humano directo e indirecto	Cepas de EHEC causan diarrea con sangre y, a veces pueden dañar los riñones y el progreso al síndrome urémico hemolítico potencialmente fatal (SUH). EHEC ha causado muchas epidemias de origen alimentario en todo el mundo;

		O157: H7 es la cepa más conocida.
Enteroinvasivo (EIEC)	La ingestión de alimentos o agua	EIEC causa disentería, como la diarrea. La fiebre es un síntoma común.

Fuente: Artículo sobre la calidad del agua, *E.coli* y su salud (Rivera, 2014).

Tabla 3.- Niveles de *E.coli* permitidos para los diferentes tipos de agua (ADEQ, 2010 y EPA, 2009)

Propósito	Nivel de E.coli
Agua potable	Cero
Aguas Superficiales con Contacto Corporal Completo (natación)	235 ufc/100 MI
Aguas Superficiales con Contacto Corporal Parcial (pesca, paseo en embarcaciones, etc.)	575 ufc/100 MI
Aguas Residuales (riesgo o descarga)	< 2.2 ufc/100 mL < 1.0 ufc/100 MI

Fuente: Artículo sobre la calidad del agua, *E.coli* y su salud (Rivera, 2014).

2.4 Problemas de salud por ingesta de agua contaminada

El agua es un recurso indispensable para la vida; por tal motivo, su sistema de tratamiento debe ser evaluado y controlado periódicamente con el fin de garantizar su calidad de consumo humano. Por ello, la disponibilidad del agua apta para la preparación de alimentos, higiene personal y doméstica, agricultura y producción de energía, es fundamental para asegurar la salud y el bienestar de los seres humanos. Es importante que la disponibilidad y uso de abastecimientos de agua potable sean los adecuados, así como los medios higiénicos, los cuales constituyen partes integrales para la atención primaria de la salud, lo que ayuda a evitar o limitar la propagación de enfermedades infecciosas en los seres humanos (Silva, 2004).

Debido a que la contaminación del agua por medio de excretas ha sido, a través del tiempo, una de las principales preocupaciones humanas. Ante la falta de un tratamiento adecuado de las mismas, se puede producir las llamadas enfermedades entéricas en las que la infección se origina en el tubo digestivo y los microorganismos causantes se eliminan por las heces; ya

que, por esta razón, la infección resulta del contacto directo entre material fecal infectante y la boca de una persona susceptible, causando un riesgo de salud importante.

Otra manera en la que se ocasiona la contaminación del agua es a través de la fuente, su distribución o en los depósitos comúnmente empleados para almacenarla, debido a que se ha comprobado que la contaminación de los botellones destinados para la distribución del agua potable a las comunidades es un factor importante en la transmisión de enfermedades diarreicas; dicha contaminación se puede producir cuando estas no están bien cubiertas, mal lavados o cuando los utensilios o manos contaminadas entran en contacto con el agua (Nuñez, 2011).

La evaluación de contaminación de origen fecal del agua es importante, porque a través de ella se pueden determinar microorganismos cuya presencia indica que la muestra ha sido expuesta a condiciones que pudieran determinar la llegada a la misma de microorganismos peligrosos, permitiendo la proliferación de especies patógenas. Estos microorganismos se denominan indicadores de calidad sanitaria y se utilizan como microorganismos indicadores de calidad los siguientes grupos: *Coliformes totales*, *coliformes fecales* y aerobios mesófilos, entre otros (Silva, 2004).

Desde el punto de vista microbiológico, el examen de la calidad sanitaria del agua tiene por objeto determinar la presencia de ciertos grupos de bacterias que revelen una contaminación reciente por materia fecal o materias orgánica, siendo el criterio más utilizado en la determinación de la clase y número de microorganismos que esta contiene. Dado que el grupo de bacterias coliformes ha sido siempre el principal indicador de calidad de los distintos tipos de agua; el número de coliformes en una muestra se utiliza como criterio de contaminación y, por lo tanto, de calidad sanitaria de la misma (Tabla 3).

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra la estimación de los coliformes y aerobios mesófilos, métodos tradicionales como el NMP, filtración por membrana y la siembra en profundidad o vertido en placas. También es muy utilizado el método en placa

Petrifilm para estos indicadores. El método Petrifilm es altamente reproducible, puede usarse para cualquier tipo de muestra, facilita la identificación y recuento de colonias, y se obtienen resultados en menor tiempo, en comparación con los métodos tradicionales. Otro grupo de indicadores de calidad sanitaria, que se han utilizado en el análisis microbiológico del agua, es el de los aerobios mesófilos, los cuales son microorganismos heterótrofos, aerobios o anaerobios facultativos, mesófilos o psicotróficos capaces de crecer en cualquier medio de agar nutritivo (Silva, 2004).

Las bacterias Coliformes totales, fecales y aerobios mesófilos llegan a ser estudiadas junto al índice de coliformes con el propósito de controlar un proceso de tratamiento de agua con el fin de verificar su calidad. El método se basa en contar el número de colonias desarrolladas en una placa de medio de cultivo sólido, en el que se siembra un determinado volumen de agua (2 ml), dejando transcurrir el tiempo a una temperatura de incubación de 37°C (Tabla 4).

Tabla 4.- Enfermedades que se originan por el consumo de agua contaminada (*Coliformes fecales* y *Escherichia coli*)

<i>Coliformes fecales</i>	<i>Escherichia coli</i>
Infección urinaria	Vómito
Infecciones entéricas a nivel del trato gastrointestinal	Diarrea
Neumonía	Fiebre
Rinitis atrófica	Diarrea con sangre
Endoftalmitis	Fallo en el funcionamiento de los riñones
Osteomielitis	Síndrome urémico hemolítico potencialmente fatal (SUH)
Otitis media	Disentería
Sepsis	Fiebre tifoidea
Celulitis	Irritaciones de la piel, oído y nariz
gastroenteritis	infecciones de garganta
Diarrea	enfermedades en las vías respiratorias

Fuente: Artículo sobre la calidad del agua, E.coli y su salud (Rivera, 2014).

2.5 Normatividad aplicable a la calidad del agua potable

Las normas en materia de agua para consumo humano están destinadas a garantizar que la calidad sanitaria del agua sea la adecuada. Incluyendo los aspectos más importantes de dicha normatividad y su afectación sobre la mejora de la calidad del agua a partir de la información obtenida; por ello, es necesario atribuir los parámetros que caracterizan organolépticamente el agua, monitorizando su funcionamiento dentro del proceso de potabilización (Tabla 5) (Gutiérrez, 2016).

Tabla 5.- Normatividad en México referente a la calidad del agua potable.

Normas (NOMs)	Descripción
<p>NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.</p>	<p>Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.</p>
<p>NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público.</p>	<p>Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos y especificaciones que deberán observarse en las actividades de control de la calidad del agua para uso y consumo humano. A su vez, es aplicable en todo el territorio nacional y a todos los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento público.</p>
<p>NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.</p>	<p>Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, para preservar la calidad del agua para uso y consumo humano, así como</p>

Normas (NOMs)	Descripción
	los procedimientos sanitarios para su muestreo.
NOM-012-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.	Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados para preservar su calidad.
NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.	Objetivo y campo de aplicación: Esta Norma establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento públicos y privados, incluyendo aspectos bacteriológicos y fisicoquímicos, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras.

3. ESTADO DEL ARTE

En la tabla 6, 7 y 8 se detalla el estado del arte con respecto a la calidad de agua.

Tabla 6.- Evaluación de la calidad del agua para consumo humano.

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
Bracho Fernández, I. A., Fernández Rodríguez, M.	2017	Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo.	El propósito de la investigación fue evaluar la potabilidad del agua para consumo humano en la comunidad de San Valentín, ubicada en el sector Ancón Bajo II en el municipio venezolano de Maracaibo. Donde diez muestras de distintas fuentes de abasto fueron analizadas desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico con ayuda del método estándar, cuyos resultados fueron comparados con los valores establecidos como aceptables por las normas sanitarias venezolanas para la calidad del agua potable y los catálogos de calidad de agua emitidos por la Organización Mundial de la Salud. Concluyendo que el agua de la tubería de aducción requiere tratamiento convencional completo para su purificación, mientras que el agua de los pozos requiere tratamiento de desalinización, determinando su alta contaminación por lo que no es una opción como fuente de abastecimiento.
García, P., Burgos, P., Jilda, Z.	2022	Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en 10 sistemas de abastecimiento del agua en el distrito de Manantay (Perú).	El objetivo principal del estudio se basó en analizar la calidad del agua de consumo humano en 10 sistemas de abastecimiento. Para la metodología se tomó como referencia el reglamento de la calidad del agua para consumo humano aprobado con DS N° 031-2010-SA. Durante el análisis de agua que se realizó en la Dirección Regional de Salud de Ucayali, los resultados indicaron que los 10 sistemas de abastecimiento superaban el número de LMP (Límites máximos permisibles) de coliformes totales y

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			<p>termotolerantes; 5 sistemas de abastecimiento superan el LMP de turbiedad mientras que 3 de ellos, superan el LMP de hierro. En cuanto al cloro residual 10 sistemas no cumplen con el LMP debido a que su valor se encuentra por debajo del valor referencial. Por último en los parámetros de conductividad, sólidos disueltos, pH, temperatura y aluminio cumplen con el valor referencial del LMP. Se obtuvo como resultado final que la calidad del agua de los 10 AA.HH. no es apta para consumo humano y esto se debe a que los C.fecales y termotolerantes no cumplen con los límites máximos permisibles establecidos dentro del reglamento de la calidad del agua para consumo humano (D.S N° 031-2010-SA).</p>
<p>Crespo Lambert, M., Fernández Rodríguez, M., Pérez García, L. A.</p>	<p>2022</p>	<p>Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el poblado de Yamanigüey según ICA de Montoya.</p>	<p>En el presente estudio se determinó el ICA (Índice de Calidad del agua) de las aguas de consumo humano del poblado Yamanigüey en el municipio de Moa, Cuba por medio de la metodología Montoya. Se muestrearon las aguas superficiales y subterráneas del poblado de Yamanigüey en donde se precisó la toma de muestra en 10 puntos obteniendo un total de 30 muestras a razón de tres muestras en cada punto de muestreo. Las propiedades físicas y químicas de las muestras se determinaron en el laboratorio químico de la empresa productora de níquel y cobalto Ernesto Che Guevara (EGG) y en el centro de Investigaciones del Níquel, Capitán Alberto Fernández Montes de Oca (CEDINIQ) en donde se consideró la medición de los siguientes parámetros: pH, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, dureza total, color, turbidez, alcalinidad, conductividad y cloruro. Por último los resultados fueron expresados en miligramos por litro (mg/L), el pH en unidades de pH,</p>

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			<p>conductividad en micro siemens por centímetro ($\mu\text{s}/\text{cm}$), el color en unidades de color platino cobalto (Pt/Co) y la turbidez en unidades nefelométricas (NTU); mientras que las propiedades bacteriológicas se determinaron en el Centro de Higiene y Epidemiología municipal y en el que se establecieron las mediciones de coliformes totales y fecales expresados en unidades formadoras de colonias (UFC), una medida de la población bacteriana (NMP/ 100 mL).</p>
<p>Isaac Márquez, A.P., Lezama Dávila, C.M., Ku Pech, P.P., Tamay Segovia, P.</p>	<p>1994</p>	<p>Calidad Sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche.</p>	<p>El objetivo del estudio se baso en conocer la calidad sanitaria de los suministros (Pozos) de agua que abastecen a la población de Campeche, consistiendo en la detección de bacterias mesoflicas aerobias, organismos coliformes totales y fecales, así como en la inspección del entorno inmediato. Durante el periodo comprendido de enero a junio de 1993 se efectuaron tres muestreos en donde el 80 y 60 por ciento de los suministros examinados presentaron niveles inaceptables de bacterias mesofílicas aerobias y de organismos coliformes, respectivamente evidenciándose la existencia de factores potenciales de contaminación en su entorno inmediato.</p> <p>Los resultados demuestran la necesidad de instrumentar un programa permanente de monitoreo de la calidad sanitaria del agua para consumo humano en la ciudad de Campeche, que asegure una vigilancia sistemática de as fuentes de abastecimiento y distribución.</p> <p>Los resultados obtenidos a través del método de la ortotoluidina demostraron que no existía cloro residual en las 94 muestras de estudio, cabe señalar que del total de los suministros incluidos, no fue posible obtener una muestra de siete de ellos mientras que en los otros dos no se obtuvo, en dos</p>

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
			ocasiones, la muestra requerida.
Berrocal Vega, N., Pérez López, E.	2021	Determinación de la calidad del agua para consumo humano del asentamiento el Barón, Esparza – Puntarenas.	El objetivo de la investigación esta basado en conocer la situación de la calidad del agua en el Asentamiento “El Barón” en Esparza, Puntarenas a mediados del 2019 a raíz de la contaminación del agua que es conducida por las casas de la comunidad en donde se realizaron determinaciones físicas y químicas a las muestras de agua, por ejemplo: olor, sabor, pH, conductividad, cloruros y por absorción atómica identificando los elementos de calcio, magnesio y cadmio. A su vez, este estudio evidencio que el agua suministrada en el Asentamiento “El Barón” en Esparza, Puntarenas cumple con las especificaciones adecuadas de los parámetros analizados del control operativo, nivel primero y segundo del Reglamento para la calidad del Agua Potable No. 38924-S, identificando por su parte altas concentraciones de cadmio $1,68 \pm 0,07$ mg/L por encima del valor máximo admisible (VMA) 0,003 mg/L dependiendo de la misma regulación. Ante la alta presencia de cadmio en el agua pueden atraer graves consecuencias en la salud a mediano plazo y esto también se debe a una baja exposición que puede provocar daños en los riñones e hígado, así como el aumento de la fragilidad en los huesos.

Tabla 7.- Estudio de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua.

Autor	Año de publicación	Título del estudio	Descripción
Brousett- Minaya, M., Chambi Rodríguez, A.	2018	Evaluación Físico – Química y Microbiologica de agua para consumo humano en Puno, Perú.	El objetivo principal del trabajo de investigación fue verificar la calidad físico-química y microbiológica de agua para consumo humano a partir del análisis de cuatro fuentes diferentes de abastecimiento (superficial y subterránea) de la población

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			<p>Chullunquiari, Juliaca Puno entre los periodos julio 2014 - marzo 2016. La metodología que llevaron a cabo para la evaluación de la calidad del agua fue la medición de los siguientes parámetros: pH, conductividad, turbidez, dureza, sólidos disueltos totales, sulfatos, cloruros y coliformes fecales, así como 23 metales recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) basados en los Métodos Normalizados para Análisis de Aguas: APHA, AWWA.</p> <p>Obteniendo como resultado que los parámetros físico – químicos se encuentran dentro del rango aceptable a excepción del Aluminio para agua superficial que sobrepasa en 0,065 mg/l y para el caso de las aguas subterráneas fue excedido el Boro con un resultado de 0,025 mg/l, evidenciando a su vez, los valores elevados correspondientes de coliformes totales en época de lluvia, llegando a 11 866,6 UFC/100 ml ($\pm 813,5$) como valor máximo, según la comparación de los valores estipulados por la OMS y la norma “Calidad del agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud”.</p>
Burgos, C., Aleán, A., Estrada, P.	2018	Evaluación de las características físico químicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba.	<p>En el presente trabajo de investigación se llevo a cabo la evaluación físicoquímica y microbiológica de la bocatoma y entrada del acueducto que se encuentra ubicado en la comunidad de Jaraquiel, Córdoba y que se observó a través de los siete muestreos, el cumplimiento de lo establecido en el decreto 1594:1984 lo que indica que esta se encuentra en condiciones óptimas para la captación y el tratamiento convencional que debe brindarse.</p> <p>En cuanto al análisis del agua que se realizo con base a la optimización de la infraestructura de almacenamiento se obtuvo en los primeros tres muestreos, un</p>

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			<p>incremento respecto al Índice de Riesgo de Calidad del Agua conocido por sus siglas “IRCA” del 86,11% lo que significa que el agua inviable sanitariamente. Posteriormente, se decidió realizar cuatro muestreos mostrando no satisfacción a partir de todos los puntos de muestreo provenientes de los tres primeros. Por ende, fue necesario realizar varios ajustes, modificando el muestreo de los últimos resultados que indican que el agua que recibe la comunidad de Jaraquiel es apta para consumo humano según lo descrito en la resolución 2115:2007 para agua potable y teniendo un clasificación del nivel de riesgo en salud en coordinación con el Organismo Internacioanl de Certificación de Auditores de sistemas de gestión – IRCA del 0,0% lo que indica que es sin riesgo.</p>
Guix Baquiaux, A. L.	2014	Determinación de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua de distribución municipal en el municipio.	<p>El objetivo principal del trabajo de investigación fue analizar la calidad del agua que se distribuye en el municipio de Patzité para determinar si su consumo es apta para el consumo humano con base a las normas de referencia COGUANOR 29001 y la norma internacional de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Adaptando el diseño de un programa de muestreo para las pruebas físicoquímicas como bacteriológicas, realizando dichas pruebas en los siete tanques en los que se almacena el agua para posteriormente distribuirla para hacer un total de 35.</p> <p>Por último, a través de los resultados obtenidos se observo que durante el mes de enero y febrero del año 2013, se determino que el agua proveniente de los tanques de distribución del municipio de Patzité, no es apta para consumo humano, debido a que no todas las muestras analizadas cumplen en los aspectos bacteriológicos según lo</p>

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			<p>establecido por la norma COGUANOR 29001 y la normativa de la OMS. A su vez, los resultados de las pruebas físicoquímicas, demuestran algunos valores que no cumplen con las especificaciones de las normativas como en el caso del manganeso, el cual es uno de los parámetros que se tomo en cuenta dentro de la evaluación, obteniendo los valores que se encuentran fuera de los límites permitidos para el agua potable. Indicando que este no presenta riesgo para la salud, evaluando principalmente la cloración, cuyo aspecto no cumplió con las especificaciones de las normas establecidas.</p>
Tibanquiza Nuñez, S.	2018	Evaluación de la calidad físico-química y microbiológica del agua de consumo humano en la junta administradora de agua potable “San Jose de Puñachizag” Cantón Quero, provincia Tungurahua.	<p>El propósito de la investigación se baso en evaluar la calidas físico-química y microbiológica del agua potable de la Junta Administradora San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia de Tungurahua, antes y después del tratamiento de potabilización lo que permitió determinar el agua se encontraba en condiciones optimas para su consumo. Se consideraron seis vertinetes, dos tanques de almacenamiento, domicilios localizados en la zona alta, media y baja dando pauta al proceso triplicado.</p> <p>Los parámetros que se consideraron para el análisis fueron: pH, temperatura, color, conductividad, sólidos totales disueltos (STD) y turbiedad; análisis químicos: nitritos, nitratos, flúor, fosfatos, amonio, dureza y cloruros. Utilizando la metodología del número más probable (NMP) brindandolé seguimiento a los procedimientos bajo la normatividad NTE INEN 1108:2014. Agua Potable. Requisitos y la Normativa NTE INEN 1105:1983 Aguas. Muestreo para análisis microbiológico. Demostrando que el 74% de las</p>

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			muestras analizadas no cumplen lo establecido en cuanto a los coliformes fecales y totales por el método de NMP, concluyendo que el agua no es apta para consumo humano debido a que no cumplen en su totalidad con los requisitos físicoquímicos y microbiológicos.
Zavalaga Talledo, E.	2012	Calidad Microbiológica y Físicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de la Tacna.	El objetivo de la presente investigación se centro en evaluar de manera microbiológica y físicoquímica, la calidad del agua embotellada de 11 marcas expendidas en 4 distritos de la ciudad de Tacna, las cuales han sido seleccionadas debido a su consumo y publicidad. Así mismo, los parámetros que se tomaron en cuenta para los siguientes análisis fueron: E.coli, Coliformes totales, Pseudomonas aeruginosa, pH, turbidez, color, conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Cloruros, sulfatos, dureza total, sodio, aluminio, arsénico, hierro, manganeso y boro. En los que sus límites fueron comparados en base a la Norma Sanitaria que establece los criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano (NTS N° 071 – MINSA/DIGESA – V.01 del 2008) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2012-SA). Como resultado se obtuvo que el 63,63% de las marcas analizadas no cumplen con la calidad requerida para este tipo de productos que es consumida por la población de Tacna.

Tabla 8.- Identificación de *Coliformes fecales* y *Escherichia coli*.

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
Silva, J., Ramírez,L., Alfieri, A., Rivas, G., Sánchez, M.	2004	Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua	El objetivo del trabajo de investigación fue determinar y comparar, mediante dos métodos de análisis la

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
		potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela.	<p>presencia de microorganismos indicadores de calidad sanitaria como por ejemplo: coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en dos tipos de marcas comerciales de agua potable distribuidas por la ciudad de San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Para la identificación microbiológica se empleó el método rápido denominado Petrifilm acompañado del método tradicional de siembra en profundidad según las especificaciones del Método Estándar para el Análisis de Aguas Potables y las normas nacionales COVENIN.</p> <p>Los resultado que se obtuvieron no mostraron diferencias significativas para el recuento microbiológico de coliformes totales y de aerobios mesófilos por el método tradicional de siembra de profundidad y el método rápido de siembra en placas Petrifilm ($r = 0,9$), demostrando que ninguno de los resultados presentó coliformes fecales.</p> <p>Ambas marcas de agua potable presentaron recuentos microbiológicos fuera de especificaciones, según las recomendaciones de las normas respectivas, por lo que su consumo puede presentar un riesgo para la salud del consumidor.</p>
Cheris Ramos, V.	2013	Identificación de Coliformes toales y fecales en agua potable mediante la técnica del número más probable (NMP)	<p>El objetivo general del estudio se enfoco en la implementación de la técnica del número más probable (NMP) para la identificación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria como lo son: Coliforms totales y fecales. Debido al incremento de</p>

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			<p>brotos en cuanto a enfermedades surgidas por la contaminación del agua potable y a su vez, desarrollar estrategias que ayuden a controlar su calidad, evitando de esta manera la propagación de enfermedades transmitidas por la contaminación del recurso hídrico. La técnica del Número Más Probable permite realizar un análisis en el cual, se identifica de manera más directa a las bacterias de interés que probablemente se puedan contrar en las muestras. Como resultado, se obtuvo un valor aceptable de 0.04 NMP de Organismos Coliformes Totales en 100 ml de agua potable.</p>
<p>Poveda O, M., E. Beltrán, H., Giraldo, G.</p>	<p>2010</p>	<p>Determinación de indicadores de contaminación fecal (coliformes fecales) en los tanques de abastecimiento de agua de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sedes Macarena a y b.</p>	<p>Mediante la investigación se determinó la calidad del agua proveniente de los tanques de abastecimiento de la Facultad de Ciencias y Educación (sedes Macarena A y B) pertenecientes a la Universidad Distrital, tomándose en consideración ocho puntos de muestreo ubicados en los dos sedes, considerándose prioritarios los grifos de los baños y los tanques del agua.</p> <p>En cuanto al trabajo que se llevo a cabo en el laboratorio, se empleó la técnica de filtración por membrana y medio selectivo de Agar Chromocult para la detección de presencia de coliformes fecales. Obteniendo como resultado niveles de pH entre 7.2 y 7.5; mientras que en los nitratos, nitritos, fosfatos y amonio fueron de cero (0 ppm) y el oxígeno disuelto se mantuvo entre 8.5 y 9 mg/L.</p> <p>Se evidenció que el agua en las sedes anteriormente mencionadas su consumo es</p>

Autor	Año de publicación	Titulo del estudio	Descripción
			apto para el ser humano. Implicando que es necesario tomar una serie de medidas preventivas para el uso adecuado de los espacios físicos en lavamanos y grifos destinados al consumo.

4.METODOLOGÍA

4.1 Descripción del área de estudio

El municipio de Álamo Temapache, Veracruz se encuentra ubicado en la zona Norte del estado en las coordenadas 20°55' latitud Norte y 97° 41' longitud Oeste a una altura de 40 metros sobre el nivel del mar. Limitando al Norte con Tepetzintla, Cerro Azul y Tamiahua al Oeste con Tuxpan, al Sur con Tihuatlán, Castillo de Teayo y el Estado de Puebla. Su distancia aproximada al Noreste de la capital del estado se ubica a una altura de 380 km por carretera.

Posee una superficie de 1,137.57 km², cifra que representa un 1.56% total del estado (Figura 1) y se encuentra rodeado por varios arroyos como el Hondo y el Buenavista, que son atribuidos del Río Tuxpan. Presenta una temperatura media anual de 24.3°C y su precipitación pluvial media anual es de 1,391 mm (Antoja, 2023) (Figura 1).

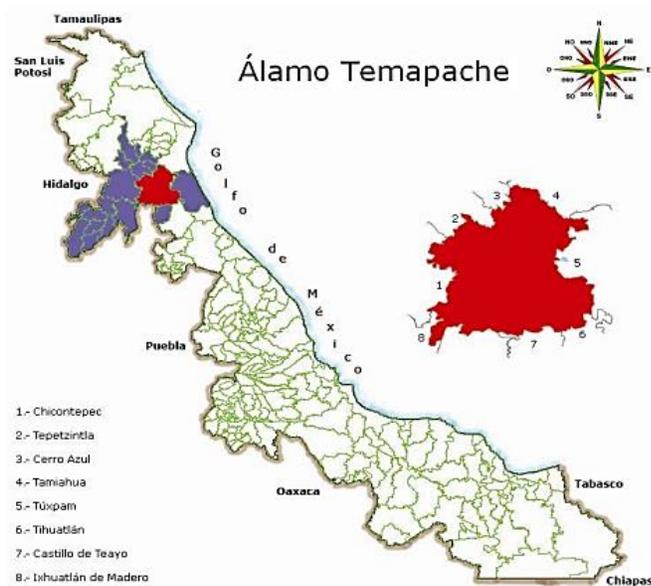


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Álamo, Temapache ((SIEGVER), 2020).

La ubicación de los dispensadores fue por medio de la metodología de la regla de oro, también conocida por la ubicación de los cuatro puntos cardinales, dentro del municipio de Álamo Temapache, identificando 20 dispensadores (Tabla 9).

A través de una proyección satelital del área de estudio se consideraron cuatro colonias por cuadrante, comenzando por la sucursal más cercana del punto de partida. Entre las cuales puede identificarse a la colonia Heroica, Ribera, Azteca, Zona centro, Derechos Humanos, Francisco I. Madero, entre otras (Figura 2).

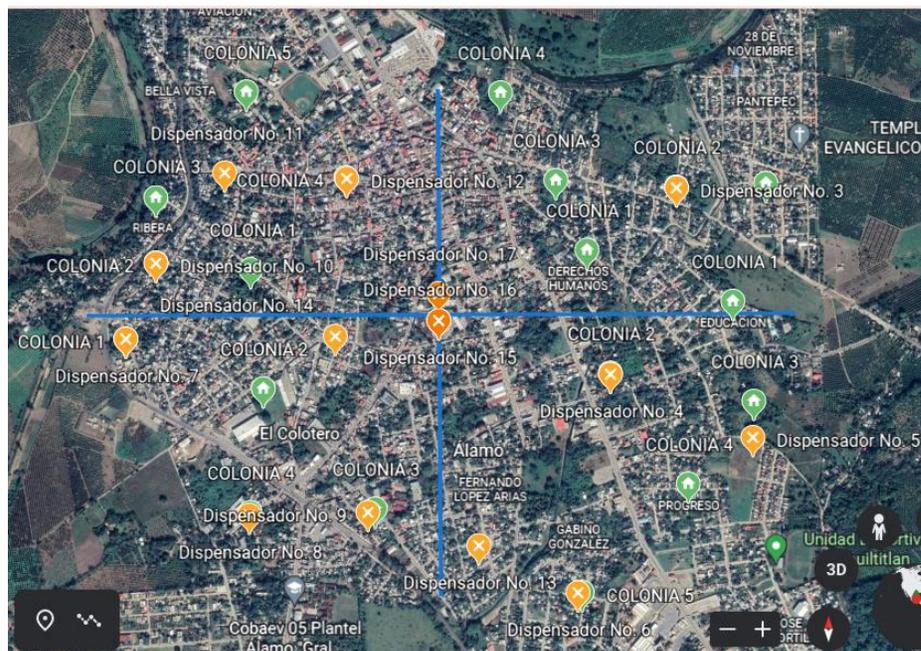


Figura 2. Vista satelital de los dispensadores dentro del municipio de Álamo, Veracruz.

De igual forma se investigó el número de habitantes y el precio del litro de agua. Observando que el precio varía entre \$2.00 y \$10.00, dependiendo de la cantidad que se requiera (Tabla 10).

Tabla 9.- Número de dispensadores por colonia

	<i>Colonia</i>	<i>Dispensadores</i>
1	Arboledas	1
2	Gabino González	2
3	25 de abril	1
4	Villas de San Clemente	1
5	Arboledas	1
6	Heroica	3
7	Pueblo Nuevo	1
8	Unidad y Trabajo	1
9	Barrio de las flores	2
10	General Lázaro Cárdenas del Río	1
11	Licenciado Benito Juárez García	1
12	General Lázaro Cárdenas del Río	1
13	Garizurieta	1

Tabla 10.- Ubicación y precio del litro de agua por dispensador.

No.	Coordenada	Habitantes	Colonia	Precio
1	20°54'10"N 97°40'13"W (525 m)	475 personas	Arboledas	\$8.00 (20 lts)
2	20°54'30"N 97°40'04"W (24 m)	1,340 personas	Gabino González	\$11.00 (20 lts)
3	20°54'48"N 97°40'03"W (22 m)	684 personas	25 de abril	\$10.00 (20 lts)
4	20°54'30"N 97°40'05"W (25 m)	1,340 personas	Gabino González	\$11.00 (20 lts)
5	20°54'03"N 97°39'49"W (524 m)		Villas de San Clemente	\$8.00 (20 lts)
6	20°54'10"N 97°40'13"W (525 m)	475 personas	Arboledas	\$8.00 (20 lts)
7	20°54'34"N 97°40'50"W (524 m)	2,320 personas	Heroica	\$8.00 (20 lts)
8	20°54'17''N 97°40'41'' W (25 m)	2,250 personas	Pueblo Nuevo	\$10.00 (20 lts)
9	20°54'16"N 97°40'28"W (523 m)	1,320 personas	Unidad y Trabajo	\$8.00 (20 lts)
10	20°54'36"N 97°40'42"W (525 m)	2,320 personas	Heroica	\$10.00 (20 lts)
11	20°54'40''N 97°40'40''W (26 m)		Barrio de las flores	\$10.00 (20 lts)
12	20°54'58"N 97°40'51"W (26 m)		General Lázaro Cárdenas del Río	\$9.00 (20 lts)
13	20°54'12"N 97°40'23"W (23 m)		Lic. Benito Juárez García	\$10.00 (20 lts)

14	20°54'35"N 97°40'50"W (524 m)	2,320 personas	Heroica	\$10.00 (20 lts)
15	20°54'40"N 97°40'40"W (26 m)		Barrio de las flores	\$10.00 (20 lts)
16	20°54'58"N 97°40'51"W (26 m)		General Lázaro Cárdenas del Río	\$9.00 (20 lts)
17	20°54'46"N 97°40'20"W (23 m)		Garizurieta	\$8.00 (20 lts)

4.2 Toma de muestras

Para el muestreo de los sitios, se tomó como referencia las normas NOM-230-SSAI-2002 y NOM-014-SSAI-1993 en materia de Salud ambiental en las que se establece los requisitos sanitarios para el manejo del agua en los sistemas de abastecimiento público, así como la implementación de procedimientos sanitarios para el muestreo de agua categorizada como de consumo humano. En cada sitio se tomaron tres muestras simples con el fin de incrementar la confiabilidad de los resultados, siendo depositadas en tubos falcon completamente esterilizados para ser transportadas al laboratorio. Manteniéndolas a una temperatura de ± 4 °C con ayuda de cubos de hielo.

4.3 Análisis de muestras en el laboratorio

Se determinaron cinco parámetros para cada muestra tanto físicoquímicos y biológicos en base a las normas vigentes en materia de calidad de agua como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Parámetros físicoquímicos y biológicos para el análisis de la calidad del agua

Parámetros	Norma Oficial	Equipo
T°C	NMX-AA-007-SCFI-2013	Térmometro Brannan de Mercurio
pH	NMX-AA-008-SCFI-2016	Potenciómetro de pH
Cloro	NMX-AA-108-SCFI-2001	Kit analizador de Cloro y pH (Orthotolidina)
Coliformes Fecales	NOM-112-SSAI-1994	Placas Petrifilm 3M
Escherichia Coli	NOM-127-SSAI-2021	Placas Petrifilm 3M

4.4 Descripción del análisis de muestras con base a la medición de los parámetros físicoquímicos y biológicos para determinar la calidad del agua

Temperatura

De acuerdo a la norma NMX-AA-007-SCFI-2013, la medición de la temperatura se efectuó por medio de la extracción de muestras provenientes de cada dispensador, obteniendo un volumen aproximado de 1 L para que posteriormente se introduzca el termómetro de mercurio. Dejándolo reposar por 2 minutos para obtener una lectura clara respecto a su temperatura; durante la medición de este parámetro se realizaron tres replicas en cada sitio tomando en consideración la temperatura del ambiente.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Las mediciones del pH en cada muestra se realizaron con base a la norma NMX-AA-008-SCFI-2016 empleando el uso de un potenciómetro. Realizando tres replicas por sitio de manera periódica.

Cloro total

Para determinar la medición del Cloro total en las muestras de agua potable se añadieron 4 gotas del reactivo Orthotolidina en el kit analizador de pH para medir el grado de cloro que posee cada muestra en un escala de 0.3 a 3.0 mg/l. Llevando a cabo su análisis de manera periódica en función a la temperatura del ambiente.

Coliformes fecales y E. coli

El número de organismo se establece mediante la cuenta de Unidades Formadoras de Colonias o mediante el uso de la técnica del número más probable, también conocida como “técnica de dilución en tubo” que se basa en proporcionar una estimación estadística de la densidad microbiana presente con base a que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo que disminuyen conforme el volumen de muestra inoculado (Gobernación, 1995).

Para el recuento e identificación de las bacterias *E.coli* y *C. fecales* se empleó la siembra en placas Petrifilm 3M como sustitución de los medios de cultivo con el objetivo de cuantificar la formación de colonias con base al color y/o tamaño de las bacterias con ayuda del contador de colonias. Incubándolas a una temperatura de 37°C por 24 horas. Llevando a cabo este procedimiento en la campana de flujo laminar con apoyo de una pipeta graduada de laboratorio.

4.5 Análisis estadístico

Con base a los resultados obtenidos, se realizaron comparaciones enfocadas en el análisis de la variación de medias, por medio del método estadístico ANOVA (Analysis of Variance) y la prueba de Tukey con la finalidad de comprobar los niveles de significancia en los resultados (Ortega, 2023).

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el conteo de las UFC se observó la aparición de microorganismos entre los cuales se destacan coliformes presentándose en un 23.52 % de las muestras. Superando el recuento aproximado de 10^8 en un lapso de 24 horas a 5 días, identificando también la presencia de otros organismos como la *Pseudomona aeruginosa* para el caso del dispensador D3 de la muestra 3 , D4 de la muestra 2, D5 de las tres muestras y D6 de la muestra 1 y 3 como se muestra a continuación en la tabla 12.

En cuanto al número de colonias obtenidas durante la ronda tres de *E.coli*, se obtuvo un porcentaje en las unidades del 13.72 % respecto al número total de muestras que llegaron a recolectarse, realizando el recuento aproximado de 2 a 4 colonias. Considerando que su crecimiento se debió al tiempo en que dejaron efectuarse después de la incubación en un lapso de 5 días manteniéndose a temperatura ambiente. Diferenciando los resultados con base a su color y tamaño, es decir, en el caso de las colonias de coliformes estas fueron diferenciadas por su pigmentación roja y de menor tamaño, mientras que, por otro lado las colonias de *E. coli* se identificaron por su tonalidad azul y al ser de mayor tamaño (Tabla 12).

Tabla 12.- Conteo general de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

TABLA 12									
Control	Muestra	24 horas				Día 5			
		UFC	Coliformes	E.Coli	Pseudomonas	UFC	Coliformes	E.Coli	Pseudomonas
0	D1M1	3	3	0	0	3	3	0	0
0	D1M2	1	1	0	0	1	1	0	0
0	D1M3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	D2M1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	D2M2	0	0	0	0	0	0	0	0
0	D2M3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	D3M1	11	11	0	0	11	11	0	0
0	D3M2	9	9	0	0	9	9	0	0
0	D3M3	1	0	0	1	0	0	0	0
0	D4M1	10	10	0	0	10	10	0	0
0	D4M2	13	12	0	1	13	12	0	1
0	D4M3	17	17	0	0	17	17	0	0
0	D5M1	27	26	0	1	27	26	0	1
0	D5M2	16	15	0	1	16	15	0	1
0	D5M3	14	13	0	1	14	13	0	1
0	D6M1	17	15	1	1	17	15	1	1
0	D6M2	0	0	0	0	8	8	0	0
0	D6M3	1	0	0	1	1	0	0	1
0	D7M1	20	20	0	0	201	201	0	0
0	D7M2	25	25	0	0	25	25	0	0
0	D7M3	21	21	0	0	153	153	0	0
0	D8M1	87	87	0	0	87	87	0	0
0	D8M2	96	96	0	0	96	96	0	0
0	D8M3	76	76	0	0	76	76	0	0
0	D9M1	99	99	0	0	99	99	0	0
0	D9M2	95	95	0	0	96	95	1	0
0	D9M3	126	125	1	0	126	125	1	0
0	D10M1	34	34	0	0	34	34	0	0
0	D10M2	26	26	0	0	26	26	0	0
0	D10M3	78	78	0	0	108	108	0	0
0	D11M1	135	135	0	0	160	160	0	0
0	D11M2	175	175	0	0	197	197	0	0
0	D11M3	131	131	0	0	135	135	0	0
0	D12M1	22	22	0	0	25	25	0	0
0	D12M2	0	0	0	0	18	18	0	0
0	D12M3	0	0	0	0	7	7	0	0
0	D13M1	18	18	0	0	18	18	0	0
0	D13M2	14	14	0	0	18	18	0	0
0	D13M3	18	18	0	0	18	18	0	0
0	D14M1	0	0	0	0	9	9	0	0
0	D14M2	16	16	0	0	97	97	0	0
0	D14M3	27	27	0	0	134	134	0	0
0	D15M1	0	0	0	0	6	4	2	0
0	D15M2	0	0	0	0	9	6	3	0
0	D15M3	0	0	0	0	10	6	4	0
0	D16M1	75	75	0	0	92	92	0	0
0	D16M2	102	102	0	0	111	111	0	0
0	D16M3	168	168	0	0	172	172	0	0
0	D17M1	63	63	0	0	63	63	0	0
0	D17M2	69	69	0	0	69	69	0	0
0	D17M3	15	15	0	0	15	15	0	0

En la tabla 12 se muestra el recuento de las colonias de *C. fecales* en un lapso de 24 horas y 5 días, determinando la presencia de microorganismos indicadores de calidad del agua con base al crecimiento de estos organismos. Realizando el conteo con ayuda del contador de colonias, tomando en cuenta los parámetros para el recuento de colonias en las Placas Petrifilm EC de 15 a 150, obteniendo como resultado el incremento de los dispensadores número 8, 11, 16 y 17 con base a los resultados obtenidos.

Los coliformes fecales son un subgrupo de bacterias coliformes totales asociadas con la materia fecal de los organismos de sangre caliente, los cuales residen en los intestinos de organismos de sangre caliente y que se transmiten al medio ambiente a través de excrementos fecales. Estos organismos tienen la capacidad de crecer a temperaturas elevadas y se utilizan principalmente en la garantía de calidad sanitaria del agua potable, es decir, si estos se encuentran presentes se dice que el agua está contaminada con materia fecal, indicando un riesgo potencial para las personas que consumen agua (Differkinome, 2017).

Con base al recuento de las colonias correspondientes de *E.coli*, se observó el crecimiento en seis placas, las cuales se identifican con el número del dispensador que en este caso sería el número 6 de la muestra 1 y D9 de la muestra 3 en un lapso de 24 horas, mientras que el crecimiento de las colonias del dispensador 10 y 15 comenzaron a mostrarse después de 5 días. Sin embargo, su crecimiento también dependió de las condiciones en las que permanecieron en el tiempo mencionado. Tomando en cuenta que las colonias de *E.coli* lograron identificarse por su tonalidad azul y tamaño, debido a que estas bacterias representan contaminación constituida de residuos de origen animal o residuales.

Las pseudomonas también conocidas como *Pseudomonas aeruginosa* son un grupo de bacterias gram negativas que se encuentran presentes en el ambiente y en la flora normal del cuerpo humano, además son patógenos que necesitan de pequeñas dosis de nutrientes para sobrevivir. Por ello, estas bacterias casi nunca infectan a personas sanas, siempre y cuando el cuerpo se encuentre inmunosuprimido (T., 2021).

Cabe destacar que la principal función de estos organismos se basa en producir pigmentos entre un rango de 35 – 37°C como en el caso de la piocianina (azul-verde), la piorrubina (roja) y la fluoresceína (verde fluorescente). Debido a que su detección se fundamenta en la estimulación y observación de los pigmentos, ya que estos se encuentran constituidos por bacilos aerobios gram negativos y móviles, algunos de los cuales producen pigmentos

solubles en agua. Las especies del género *Pseudomonas* se identifican sobre la base de sus características fisiológicas y una de sus propiedades más notables es la variedad de compuestos orgánicos que suelen utilizarse como fuente de carbono y energía (Ontiveros, 1983).

De igual manera, se observó (Tabla 12) la presencia de *Pseudomonas* en el dispensador número 3 muestra 3, D4 muestra 2, D5 muestra 1, 2 y 3 y D6 muestra 1 y 3 debido al incremento de organismos no-coliformes en las placas durante un lapso de 24 horas a 5 días manteniendolas a temperatura ambiente en las instalaciones del laboratorio.

En la tabla 13 se muestra la identificación de las colonias que producen gas, debido a que existen 10 patrones de burbujas asociados con las colonias y estas pueden formarse por medio de enlaces donde un núcleo los une. No obstante, las colonias MNPC también conocida como Muy Numerosas Para Contar se obtuvieron a partir de la segunda ronda como es en el caso del dispensador número 7 de la muestra 1 y en el dispensador 8 en sus tres replicas. Identificandolas como positivas y negativas, además de su tamaño. Debido a que las características que presentan suelen ser con base a la producción de muchas colonias diminutas que presentan burbujas de gas y oscurecimiento del gel de un color rojo a azul púrpura. Considerando que ante una alta concentración de *E.coli* puede causar que el área del crecimiento se torne de un color azul púrpura como se menciono anteriormente.

La producción de gas durante la incubación de la muestra, puede surgir debido a la interacción con otros microorganismo que se encuentran presentes en la muestra. En este caso, logro determinarse 90% de gas sobre las placas que corresponden al dispensador número 3, 6, 8, 9, 11 y 14; en cuanto a la identificación de los demás, se determino entre un 50% y 80% de gas presente en las placas restantes (Tabla 13).

Tabla 13.- Identificación de colonias que producen gas

Control	Muestra	Colonias que producen gas	Colonias MNPC (+)	Colonias MNPC (-)	Gas
0	D1M1	0	0	0	0%
0	D1M2	0	0	0	0%
0	D1M3	0	0	0	0%

Control	Muestra	Colonias que producen gas	Colonias MNPC (+)	Colonias MNPC (-)	Gas
0	D2M1	0	0	0	0%
0	D2M2	0	0	0	0%
0	D2M3	0	0	0	0%
0	D3M1	0	0	0	90%
0	D3M2	0	0	0	30%
0	D3M3	0	0	0	50%
0	D4M1	0	0	0	50%
0	D4M2	0	0	0	0%
0	D4M3	0	0	0	0%
0	D5M1	0	0	0	0%
0	D5M2	0	0	0	20%
0	D5M3	0	0	0	10%
0	D6M1	0	0	0	90%
0	D6M2	0	0	0	100%
0	D6M3	0	0	0	30%
0	D7M1	20	207	0	0%
0	D7M2	25	0	187	0%
0	D7M3	21	0	169	0%
0	D8M1	87	16	0	90%
0	D8M2	96	21	0	70%
0	D8M3	76	49	0	90%
0	D9M1	99	34	0	90%
0	D9M2	95	50	0	50%
0	D9M3	125	20	0	80%
0	D10M1	34	150	0	20%
0	D10M2	26	135	0	30%
0	D10M3	78	17	0	60%
0	D11M1	0	135	0	90%
0	D11M2	0	169	0	90%
0	D11M3	0	131	0	90%
0	D12M1	6	Abundantes	0	30%
0	D12M2	27	Abundantes	0	20%
0	D12M3	9	Abundantes	0	0%
0	D13M1	12	Abundantes	0	0%
0	D13M2	19	Abundantes	0	0%
0	D13M3	13	Abundantes	0	0%
0	D14M1	0	0	0	90%
0	D14M2	1	Abundantes	0	70%
0	D14M3	0	Abundantes	0	80%

Control	Muestra	Colonias que producen gas	Colonias MNPC (+)	Colonias MNPC (-)	Gas
0	D15M1	14	Abundantes	Abundantes	0%
0	D15M2	11	Abundantes	Abundantes	0%
0	D15M3	9	Abundantes	Abundantes	0%
0	D16M1	0	0	0	0%
0	D16M2	0	0	0	0%
0	D16M3	21	0	0	10%
0	D17M1	0	0	Abundantes	20%
0	D17M2	0	0	0	10%
0	D17M3	0	0	Abundantes	0%

Las colonias MNPC también conocidas como “Muy Numerosas Para Contar” por sus siglas, se presentan cuando exista una alta concentración de *E.coli* dentro de la muestra que pueda causar que el área de crecimiento se haga azul púrpura. Estas colonias suelen caracterizarse por presentar un incremento de gas, así como el oscurecimiento del gel de un color rojo a un azul púrpura (Tabla 13).

En la tabla 14 se registró el recuento de las colonias MNPC en la que se observó un incremento a partir del transcurso de 5 días. Considerando el descenso de algunas colonias como en el caso del dispensador 7 y 8 debido al cambio de temperatura en las que deben de ser sometidas para optimizar su crecimiento. Sin embargo, por medio de la lectura de los resultados se observó la incapacidad de conteo en algunas placas por lo que se optó en registrar la abundancia de estos microorganismos al no ser posible cuantificar las unidades formadoras de colonias (Tabla 14).

Tabla 14.- Conteo de las colonias MNPC (Muy Numerosas Para Contar):

	Día 1 (24 hrs)			Día 5		
Control	D1M1	D1M2	D1M3	D1M1	D1M2	D1M3
0	0	0	0	0	0	0
Control	D2M1	D2M2	D2M3	D2M1	D2M2	D2M3
0	0	0	0	0	0	0
Control	D3M1	D3M2	D3M3	D3M1	D3M2	D3M3
0	0	0	0	0	0	0

Control	D4M1	D4M2	D4M3	D4M1	D4M2	D4M3
0	0	0	0	0	0	0
Control	D5M1	D5M2	D5M3	D5M1	D5M2	D5M3
0	0	0	0	0	0	0
Control	D6M1	D6M2	D6M3	D6M1	D6M2	D6M3
0	0	0	0	0	0	0
Control	D7M1	D7M2	D7M3	D7M1	D7M2	D7M3
0	207	187	169	201	169	153
Control	D8M1	D8M2	D8M3	D8M1	D8M2	D8M3
0	16	21	49	0	0	135
Control	D9M1	D9M2	D9M3	D9M1	D9M2	D9M3
0	34	50	20	0	97	0
Control	D10M1	D10M2	D10M3	D10M1	D10M2	D10M3
0	150	135	17	192	203	0
Control	D11M1	D11M2	D11M3	D11M1	D11M2	D11M3
0	135	169	131	132	144	68
Control	D12M1	D12M2	D12M3	D12M1	D12M2	D12M3
0	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes
Control	D13M1	D13M2	D13M3	D13M1	D13M2	D13M3
0	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes
Control	D14M1	D14M2	D14M3	D14M1	D14M2	D14M3
0	0	Abundantes	Abundantes	9	85	98
Control	D15M1	D15M2	D15M3	D15M1	D15M2	D15M3
0	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes	Abundantes
Control	D16M1	D16M2	D16M3	D16M1	D16M2	D16M3
0	0	0	0	Abundantes	Abundantes	0
Control	D17M1	D17M2	D17M3	D17M1	D17M2	D17M3
0	Abundantes	0	Abundantes	Abundantes	0	Abundantes

Con respecto a la medición estándar de la temperatura proveniente de los dispensadores de agua, se obtuvo una variación entre los rangos de temperatura de 28 a 33°C, observando que para algunos casos la temperatura del agua se mantuvo entre 25 a 27°C debido a la posición del sol y la temperatura ambiente.

En cuanto a la medición del cloro de cada muestra, se obtuvo como resultado un promedio general de < 0.3 en todas las muestras. Lo que significa que cada muestra se encuentra por debajo del promedio estándar, si la escala de medición considerada es de 3.0 a 0.3 mg/l.

Durante la medición del pH entre los diferentes sitios de muestreo, se determinaron diferencias significativas por medio del método de prueba, obteniendo como resultado una escala de 5.80 a 7.0. Tomando en consideración el valor promedio con base a la norma NMX-AA-008-SCFI-2016 para el análisis del pH en el agua (Tabla 15).

Tabla 15.- Medición del pH

Muestra	pH	Muestra	pH	Muestra	pH
D1M1	6.5	D7M1	6.65	D13M1	6.7
D1M2	6.63	D7M2	6.32	D13M2	7.18
D1M3	6.77	D7M3	6.33	D13M3	6.75
D2M1	6.47	D8M1	5.87	D14M1	6.62
D2M2	6.35	D8M2	5.92	D14M2	6.88
D2M3	6.51	D8M3	5.84	D14M3	6.81
D3M1	6.06	D10M1	6.56	D15M1	6.43
D3M2	6.31	D10M2	6.63	D15M2	6.71
D3M3	6.45	D10M3	6.73	D15M3	6.38
D4M1	5.91	D9M1	6.22	D16M1	5.8
D4M2	5.88	D9M2	6.22	D16M2	5.82
D4M3	5.86	D9M3	6.21	D16M3	5.87
D5M1	6.63	D11M1	6.75	D17M1	5.81
D5M2	6.32	D11M2	6.81	D17M2	6.81
D5M3	6.46	D11M3	6.78	D17M3	5.87
D6M1	6.88	D12M1	5.84		
D6M2	6.78	D12M2	5.82		
D6M3	6.81	D12M3	5.81		

En función a los resultados obtenidos, se observó que la estimación entre la diferencia de medias a partir del valor indicado ($\alpha = 0.05$) para las UFC muestra que los dispensadores 1,2 y 11 son diferentes estadísticamente (Tabla 16).

Tabla 16.- Prueba de Tukey de las Unidades Formadoras de Colonias

Muestra	Media	Agrupación			
D11	164.0	A			
D7	126.3	A	B		
D16	125.0	A	B		
D9	107.0	A	B	C	
D8	86.3	A	B	C	D
D14	80.0	A	B	C	D
D10	56.0		B	C	D
D17	49.0		B	C	D
D5	19.0			C	D
D13	18.0			C	D
D12	16.7			C	D
D4	13.3			C	D
D6	8.7			C	D
D15	8.3			C	D
D3	6.7			C	D
D1	1.3				D
D2	0.0				D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En cuanto a los resultados obtenidos en el recuento de las colonias pertenecientes al grupo de *C. fecales*, se observó que entre los sitios previamente analizados se observaron diferencias significativas en los dispensadores 1,2 y 11 (Tabla 17).

Tabla 17.- Aplicación de la prueba de Tukey del *Coliformes fecales*.

Muestra	Media	Agrupación			
D11	164.00	A			
D7	126.30	A	B		
D16	125.00	A	B		
D9	106.33	A	B	C	
D8	86.33	A	B	C	D
D14	80.00	A	B	C	D
D10	56.00		B	C	D
D17	49.00		B	C	D
D5	18.00			C	D
D13	18.00			C	D
D12	16.67			C	D

D4	13.00			C	D
D6	7.67			C	D
D3	6.67			C	D
D15	5.33				D
D1	1.33				D
D2	0.00				D

Con respecto a la formación de colonias de *E. coli*, se obtuvieron como resultado diferencias significativas en cuanto al valor promedio de su variación media demostrando que el dispensador 15 es estadísticamente diferente del resto de los dispensadores.

6.CONCLUSIONES

En los dispensadores se comprobó la presencia de microorganismos *Coliformes*, *E. coli* y *Pseudomonas* con dependencia bacteriológica, que están en función a los caracteres que posee cada organismo.

Se identificó la formación de colonias de coliformes en todos los dispensadores a excepción del dispensador número 2. En el caso de *E. coli* se observó la presencia de estos organismos en los dispensadores 6, 9 y 15, finalizando también con la observación de nuevos microorganismos como en el caso de *Pseudomonas* en las que se notó su presencia en los dispensadores 4,5 y 6. El análisis estadístico ANOVA muestra que el dispensador 11 y dos presentan diferencias significativas.

De los 17 dispensadores analizados 16 presentaron microorganismo en el agua, por lo que el agua no es apta para consumo humano sin previo tratamiento, debido a que no cuentan con monitoreo en la revisión de los niveles de los parámetros sanitarios ante la presencia de microorganismos como *Coliformes fecales* y *Escherichia coli*.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agua.org.mx. (2014). Enfermedades por agua contaminada: fondo para la comunicación y la educación ambiental, A.C.
<https://www.vanguardiaveracruz.mx/caev-debe-garantizar-el-derecho-al-agua-potable-de-calidad-en-tuxpan/>.
2. Alfa laboratorio. (2021, Mayo). *Pseudomonas en Agua*.
<https://alfalaboratorio.mx/pseudomonas-en-agua/>.
3. Bracho Fernández, I.A., Fernández Rodríguez, M. (2017). Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. Scielo (1993-8012).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122017000300007
4. Berrocal Vega, N., Pérez López, E. (2021). *Determinación de la calidad del agua para consumo humano del asentamiento el Barón Esparza-Puntarenas*. [Tesis, Universidad de Costa Rica].
5. Brousett-Minaya, M., Chambi Rodríguez, A. (2018). Evaluación Física-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano en Puno, Perú: estudio SENAMHI del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Vol 15, No.15.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071081X2018000100005&script=sci_arttext
6. Burgos, C., Aleán, A., & Estrada, P. (2018). Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua de abastecimiento para consumo humano de la comunidad de Jaraquiel, Córdoba. Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación, Ed. Esp. 35-51. doi:<http://doi.org/10.23850/23899573.1631>.
7. Comisión Nacional del Agua. (Junio, 2015). Monitoreo de la Calidad del Agua en México.<https://www.gob.mx/conagua/documentos/monitoreo-de-la-calidad-del-agua-en-mexico>.
8. Comisión Nacional del Agua. (Marzo, 2021). Calidad del agua en México.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342018000200019
9. Corrales Ramírez, L.C., Caycedo Lozano, L. (2020). Principios fisicoquímicos de los colorantes utilizados en microbiología. Scielo.com.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S179424702020000100073

10. Comisión Nacional del Agua. (2016, Mayo). Normas Mexicanas vigentes del Sector Hídrico. <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/normas-mexicanas-83266>
11. Cherris Ramos, V. (2013). *Identificación de Coliformes Totales y Fecales en agua potable mediante la técnica del número más probable (NMP)*. [Informe Técnico, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25401/Cherris%20Ramos%2c%20Viridiana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
12. Crespo – Lambert, M., Fernández Rodríguez, M., Pérez García, L. A. (2022). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el poblado de Yamanigüey según ICA de Montoya. Scielo (1993 – 8012). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S199380122022000200157&script=sci_arttext&lng=en.
13. Gómez-Gutiérrez, A., Miralles, M. J., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. *Gaceta Sanitaria*, 30, 63-68.
14. García, P., Burgos, P., Jilda, Z. (2022). Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en 10 sistemas de abastecimiento de agua del distrito de Manantay (Perú). UNU. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/5853>.
15. Guix Baquix, A.L. (2014). *Determinación de los parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos del agua de distribución municipal en el municipio de Patzité del departamento del Quiché* [Informe de tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de ciencias Químicas y Farmacia].
16. Iagua. (2017, Junio). Normatividad para agua potable en México: De la gestión a la aplicación. <https://www.iagua.es/blogs/luis-anda-valades/normatividad-aplicable-agua-potable-mexico-gestion-aplicación>
17. Isaac Márquez, A.P., Lezama Dávila, C.M., Ku Pech, P.P., Tamay Segovia, P. (1994). Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche.

18. Isaac Márquez, A. P., Lezama – Dávila, C.M., Ku-Pech, P.P., Tamay – Segovia, P. (1994). Calidad Sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. Investigación del Departamento de Estudios de Posgrado e Investigación de la Universidad Autónoma de Campeche. pp. 655 – 657.
19. López Jácome, L. E., Hernández Durán, M., Colín Castro, C.A., Ortega Peña, S., Cerón González, G., Franco Cendejas, R. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología: artículo de revisión. Investigación en discapacidad. pp. 10-18.
20. Lifeder. (2020, Diciembre). Coliformes fecales: características, tipos, géneros, enfermedades. <https://www.lifeder.com/coliformes/>.
21. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, para la calidad y el tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización, NOM, núm. 127.
22. Norma Oficial Mexicana 179/1998, de 24 de septiembre, para la vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público (Primera edición, de 24 de septiembre de 2001).
23. Norma Oficial Mexicana 230/2002, de 12 de junio, para la salud ambiental en el agua de uso y consumo humano, requisitos sanitarios que deben de cumplir en los sistemas de abastecimiento público y privados durante el manejo del agua (Primera edición, de 12 de junio de 2005).
24. Norma Oficial Mexicana 012/1993, de 12 de agosto, para establecer los requisitos sanitarios que deben de cumplir los abastecimientos de agua para uso y consumo humano públicos y privados (Primera edición, de 11 de julio de 2015).
25. Norma Oficial Mexicana 014/1993, de 12 de agosto, para los procedimientos sanitarios del muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y sanitarios (Primera edición, de 11 de julio de 2015).
26. Poveda O, M., Beltrán, H., y Giraldo, G. (2010). Determinación de indicadores de contaminación fecal (Coliformes fecales) en los tanques de abastecimiento de agua de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas Sedes Macarena a y b: estudio de Grupo de Investigación en Calidad Ambiental (Gica). 63 – 66. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/602/825>

27. Pichardo González, A. (2019). Apuntes de microbiología. [Trabajo escolar]. https://www.medigraphic.com/pdfs/invd/ir2014/ir141b.pdf?fbclid=IwAR3z9_ljzoGBF2taww_xeAuX2t1CkN
28. Ramírez Quirós, F. (2015). “Control de calidad en las aguas de consumo humano: análisis de los principales parámetros” [Trabajo académico, Universidad de España]
29. Rock, C., y Rivera, B. (2014). *La calidad del agua, E.coli y su salud: cooperative extension*. TheUniversityofArizona. <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
30. Samboni Ruiz, N.E., Carvajal Escobar, Y., y Escobar, J.C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e Investigación, Vol.27 No.3. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-56092007000300019
31. Silve J., Ramírez L., Alfieri A., Rivas G., Sánchez M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. Scielo. Artículo http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-25562004000100008&script=sci_arttext
32. Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., y Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado de Carabobo, Venezuela. Scielo. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología. Artículo. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S131525562004000100008&script=sci_arttext
33. Tecnológico Nacional de México. (2016). Microbiología. En S. Académica, de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Microbiología*. (pp. 4). SEP.
34. Tecnológico Nacional de México. (2016). Probabilidad y Estadística Ambiental. En S. Académica, de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Probabilidad y Estadística Ambiental*. (pp. 3). SEP.

35. Tecnológico Nacional de México. (2016). Diseño de Experimentos Ambientales. En S. Académica de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Diseños de Experimentos Ambientales*. (pp. 4). SEP.
36. Tecnológico Nacional de México. (2016). Formulación y Evaluación de Proyectos. En S. Académica de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Formulación y Evaluación de Proyectos*. (pp. 4-5). SEP.
37. Tecnológico Nacional de México. (2016). Taller de investigación I. En S. Académica de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Taller de investigación I*. (pp. 4). SEP.
38. Tecnológico Nacional de México. (2016). Taller de investigación II. En S. Académica de investigación e innovación. *Temario de la asignatura de Taller de investigación II*. (pp. 4). SEP.
39. Tibanquiza Nuñez, S. (2018). *Evaluación de la calidad Fisicoquímica y Microbiológica del agua de consumo humano de la junta administradora de agua potable San José de Puñachizag, Cantón Quero, Provincia Tungurahua*. [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Facultad de ciencias].
40. Villena Chávez, J. A. (2018). Calidad de agua y desarrollo sostenible: revista peruana de medicina experimental y salud pública. ISSN 1726 – 4634. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342018000200019
41. Vanguardia. (Diciembre, 2019). CAEV debe garantizar el derecho al agua potable de calidad en Tuxpan. <https://www.vanguardiaveracruz.mx/caev-debe-garantizar-el-derecho-al-agua-potable-de-calidad-en-tuxpan/>.
42. Zavalaga Talledo, E. (2012). *Calidad Microbiológica y Fisicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de Tacna* [Tesis, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].