



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

Facultad de Químico Farmacobiología

TESIS

Análisis microbiológico de carácter cualitativo del caso de un despachador automático de agua purificada ubicado en la colonia Ventura Puente de la ciudad de Morelia Michoacán

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
Licenciada en Químico Farmacobiología

PRESENTA

Georgina Villagrán Perea

DIRECCIÓN DE TESIS

Q.F.B. Tellitud Hilario Sosa Ruíz

Q.F.B. Felipe de Jesús Tenorio Guzmán

MORELIA MICHOACÁN
ABRIL 2018

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir hasta el día de hoy, porque por él soy todo y sin él soy nada, porque ha sido bueno conmigo y no me ha dejado sola en ningún momento de mi vida, me ha brindado las herramientas necesarias para poder llevar a cabo este objetivo, teniendo siempre en cuenta que de él proviene la sabiduría, el conocimiento y la inteligencia.

A mis padres Cristian y Georgina, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por la educación, valores y disciplina que me han inculcado, porque a partir de eso se ha forjado la persona que ahora soy, por ser mi guía y mi consuelo en este largo trayecto, por la confianza y la fe que han depositado en mí, porque es lo que me ha enseñado a creer en mi misma.

A mis hermanos Cristian, Francisco y Emmanuel, porque son parte vital de mi vida, y porque cada uno ha contribuido de manera importante para poder llegar a la culminación de este objetivo, y por el amor que me brindan día con día.

Sobre todo, y no menos importante, gracias infinitas a una persona muy querida e importante para mí, mi madrina Rubí Olvera, porque ha sido como una segunda madre y me ha mostrado su apoyo y cariño incondicional en cada momento de mi vida sea bueno o malo.

A los buenos amigos que hice dentro y fuera de la universidad: Lupita, Gaby, Itzel, Nelly, Erika, Judith, Yaritza, Abel, Adrián, Luis Fernando, José Rubén, Misael, Mauricio y a mis amigas de casi toda la vida Brenda, Sicely, Adriana, sobra decir lo que cada uno de ellos significa para mí, por todo lo vivido, otorgado, compartido, su ayuda pero sobre todo cariño solo puedo decirles GRACIAS.

RECONOCIMIENTOS

A mi asesor de tesis QFB. Tellitud Hilario Sosa Ruíz por darme la oportunidad de llevar a cabo este trabajo de investigación, por ayudarme a conseguir los apoyos necesarios para poder realizarlo, por guiarme en el transcurso de la investigación y por su amistad.

Especialmente, al laboratorio de Microbiología “QBP. Alicia Gómez Reyes” de la facultad de Químico Farmacobiología, dependiente de la máxima casa de estudios Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, porque fue parte vital para la realización de este proyecto, al brindarme los materiales y reactivos necesarios, así como la prestación de sus instalaciones para poder llevar a cabo este trabajo de investigación.

A mi co-asesor de tesis QFB. Felipe de Jesús Tenorio Guzmán por su apoyo y dirección en la realización de este trabajo y por su amistad.

Y por último, pero no por ello menos importante, a mi comité de revisión de tesis, integrado por excelentes profesionistas, por apoyarme en base a su conocimiento y experiencia mediante la realización de sus comentarios, para realizar las mejoras pertinentes a este trabajo de investigación.

ÍNDICE**CONTENIDO**

1. RESUMEN	ix
2. ABSTRACT	xi
3. Introducción.	1
3.1 La preocupación por el agua en México.....	2
3.2 La gobernanza del agua en México.	2
3.3 Distribución y disponibilidad del agua potable en México.	3
3.4 Distribución y disponibilidad del agua potable en Morelia Michoacán.....	5
3.5 Estructura y propiedades del agua.....	6
3.6 Importancia y funciones del agua en el cuerpo humano.	8
3.7 Contaminación y toxicología del agua, enfermedades adquiridas mediante el consumo de agua contaminada.	10
3.8. Profilaxis para evitar las enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada.....	25
3.9. Procesos de potabilización y/o purificación del agua.	26
4. Planteamiento del problema.	34
5. Justificación.	35
6. Hipótesis.	36
7. Objetivos.....	36
7.1 Objetivos específicos:	36
8. Materiales.	37
9. Metodología.	37
10. Resultados.....	46
11. Discusión de resultados.....	56

12.	Conclusión.....	57
13.	Futuras líneas de investigación.	59
14.	Anexos.....	60
15.	Bibliografía.....	61

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de la molécula del agua.	6
Ilustración 2. Procesos de purificación del agua de la empresa Water Zone.	33
Ilustración 3. Elaboración de medios de cultivo, batería de pruebas bioquímicas y solución salina fisiológica al 0.85% Las imágenes muestran: (I) Agar macconkey, (C) agar nutritivo y (D) agar soya tripticasa.	38
Ilustración 4. Las imágenes muestran: (A) Agar soya tripticasa, (B) agar eosina azul de metileno y (C) agar macconkey.	39
Ilustración 5. Esterilización de los medios de cultivo.	39
Ilustración 6. La imagen A representa los medios de cultivo preparados y la imagen B las baterías de pruebas bioquímicas preparadas.	40
Ilustración 7. Despachador automático de agua.....	40
Ilustración 8. (A) boquilla, zona de descarga (B) y extremos inferiores (C).	41
Ilustración 9. Inoculación en medios de cultivo nutritivo, eosina azul de metileno y soya tripticasa.	41
Ilustración 10. Período de incubación.....	41
Ilustración 11. Microorganismos desarrollados en agar nutritivo.	42
Ilustración 12. Microorganismos desarrollados en agar MacConkey.....	42
Ilustración 13. Microorganismos desarrollados en agar soya tripticasa.....	42
Ilustración 14. La imagen A representa el medio eosina azul de metileno, B agar macconkey, C agar soya tripticasa y D agar nutritivo.	43
Ilustración 15. Muestras obtenidas a partir de la boquilla del despachador en solución salina fisiológica al 0.85%.....	44
Ilustración 16. Siembra de las muestras correspondientes al área de la boquilla.	44
Ilustración 17. Muestras sembradas en agar macconkey.....	44
Ilustración 18. A representa la inoculación a las placas de agar macconkey y la imagen B representa la inoculación a las baterías de pruebas bioquímicas.	45
Ilustración 19. A representa la batería de pruebas bioquímicas cuyas reacciones son indicativas del microorganismo Klebsiella terrígena al igual que la imagen B, el cual pertenece a la familia Enterobacteriaceae.....	48

Ilustración 20. (A y B), las cuales corresponden al extremo superior derecho del despachador (A) y al extremo superior izquierdo del mismo (B).	49
Ilustración 21. Baterías bioquímicas obtenidas de las muestras provenientes de los extremos inferior izquierdo y derecho del despachador automático.....	49
Ilustración 22. Baterías de pruebas bioquímicas provenientes de la zona de descarga del despachador	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales cuencas hidrológicas de México.	4
Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del agua.....	7
Tabla 3. Funciones biológicas del agua	8
tabla 4. Propiedades físico-químicas del agua relacionadas a procesos fisiológicos	9
Tabla 5. Principales agentes microbiológicos asociados a la contaminación del agua..	11
Tabla 6. Valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua	13
Tabla 7. Clasificación de los contaminantes químicos del agua en función de su origen	22
Tabla 8. Desarrollo bacteriano obtenido a partir de la primera siembra.	46
Tabla 9. Desarrollo bacteriano obtenido a partir de la segunda siembra.....	47
Tabla 10. Desarrollo bacteriano obtenido a partir de la tercera siembra	47
Tabla 11. Identificación bioquímica de los microorganismos a partir de las reacciones generadas en las baterías de pruebas bioquímicas.	51

SIGLAS Y ACRÓNIMOS UTILIZADOS EN ESTE TRABAJO

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

OMS: Organización Mundial de la Salud

SS: Secretaría de la Salud

NOM: Norma Oficial Mexicana

PIDESC: Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía

OOAPAS: Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

Km²: Kilómetro cuadrado

m³: Metro cúbico

L: Litro

L/seg: Litro por segundo

ml: Mililitro

°C: Grados Celsius

J/g: Joule por gramo

g/mol: Gramo por mol

pH: Potencial de Hidrógeno

J/Kg•K: Joule entre Kilogramo por grado Kelvin

E: Constante dieléctrica

Cal/g: Caloría por gramo

1. RESUMEN

Contar con un fácil acceso al agua potable y purificada principalmente es de vital importancia para la salud del ser humano, ya que es un líquido imprescindible para la vida del mismo, pues cumple diversas funciones dentro del organismo y es necesaria para su correcto funcionamiento, sin embargo, es importante mencionar que para tener una vida de calidad es necesaria el agua de calidad.

Por desgracia, actualmente existen aún muchas regiones en el mundo que no tienen acceso a agua de calidad, debido a problemas de escases, políticos, religiosos, culturales y económicos.

Existen ciertos organismos nacionales e internacionales encargados de llevar a cabo la vigilancia respecto a la distribución, calidad y saneamiento del agua, tales como la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Secretaria de Salud (SS), que mediante la elaboración de guías para la calidad del agua potable y purificada, que son regidas mediante las correspondientes Normas Oficiales Mexicanas (NOM), buscan propiciar las bases y herramientas necesarias para las personas físicas y morales, empresas privadas y públicas, que ofertan servicios de abastecimiento y venta de agua purificada, con la finalidad de otorgar un producto de alta calidad, que no sea una fuente de riesgo para la salud del consumidor.

Como autoridad internacional en materia de salud pública y calidad del agua, la OMS, encabeza los esfuerzos mundiales por prevenir la transmisión de enfermedades por el agua y asesora a los gobiernos acerca del desarrollo de metas y normativas relacionada con la salud.

Como ya se mencionó anteriormente, para tener acceso a agua de calidad, intervienen varios factores, entre ellos el económico, que actualmente en nuestro país genera conflicto, debido a que los salarios son muy bajos y en la mayoría de las ocasiones es insuficiente para cubrir las necesidades básicas. En base a esto, se originan los establecimientos de despachadores automáticos de agua purificada, que cuentan con una característica especial que los vuelve demasiado atractivos para el público consumidor, si se compara con los productos ofertados por empresas nacionales de

marcas ya conocidas: mayor cantidad de producto por un menor costo, por lo que surge la duda de saber si realmente son seguros en cuanto a inocuidad se refiere.

La siguiente investigación busca realizar un análisis microbiológico de tipo cualitativo a un establecimiento específico ubicado en la ciudad de Morelia Michoacán.

Palabras clave: agua purificada, salud, calidad, análisis microbiológico, inocuidad, cualitativo.

2. ABSTRACT

Having an easy access to drinking water and purified mainly, is of vital importance for the health of the human being, since it is an essential liquid for the life of it, because it fulfills various functions within the body and is necessary for it proper functioning. However, it is important to mention that to have quality life quality water is necessary.

Unfortunately, there are still many regions in the world that do not have access to quality water because of scarce political, religious, cultural and economic problems.

There are currently some national and international bodies responsible for monitoring water distribution, quality and sanitation, such as the National Water Commission (CONAGUA), the World Health Organization (WHO) and the Secretary of Health (S.S), that through the elaboration of guidelines for the quality and drinking water and purified water which are governed by the corresponding Official Mexican Standards (NOM), seek to provide the necessary bases and tools for physical and moral persons, private and public companies, which offer services of supply and sale of purified water, grant a product of high quality and is not a source of risk for the health of the consumer.

As the international authority on public health and water quality, WHO is leading global efforts to prevent the spread of water borne diseases and advices governments on the development of health-related goals and regulation.

As mentioned above, a number of factors, including the economic one, which currently exists in our country, are involved in accessing quality water, because wages are very low and in most cases insufficient to cover the basic needs. On the base of this, the establishments of automatic dispensers of purified water originate, which have a special characteristic, which makes them too attractive for the consumer public, if compared to products offered by national companies of well- known brands: more product at a lower cost, so the question arises in terms of safety. Based on this, the following research seeks to perform a qualitative microbiological analysis to a specific establishment, located in the city of Morelia Michoacán, México.

Keywords: purified water, health, quality, microbiological analysis, safety, qualitative.

3. INTRODUCCIÓN.

“Actualmente, el mundo se enfrenta a una difícil crisis del agua, en México alrededor de 12 millones de personas padecen esta situación” (El agua en México, 2011). No contar con un fácil acceso para obtener agua potable de calidad genera la muerte de miles de personas y niños principalmente, al ser víctimas de enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada. El agua es conocida principalmente por ser un líquido de vital importancia en la ayuda de la preservación de la vida del ser humano, y no solo de él, sino de casi todos los seres vivos, está implicada en diversas funciones biológicas, ingerirla adecuadamente es necesario para el correcto funcionamiento del organismo, por ello es importante mencionar que, el agua destinada para uso y consumo humano, debe contar con cierto grado de calidad y estar libre de todo agente químico, físico, tóxico y microbiológico que implique un riesgo a la salud, por lo cual debe ser sometida a una serie de tratamientos que garanticen su inocuidad para volverla apta para el consumo humano. Actualmente nuestro país enfrenta una de las peores crisis económicas en su historia, lo cual interviene de forma directa en que muchas familias mexicanas no cuenten con acceso a agua potable de calidad, y se entiende que busquen la manera de solventar sus necesidades consumiendo los productos de menor costo en el mercado.

3.1 LA PREOCUPACIÓN POR EL AGUA EN MÉXICO.

Hay quienes hablan de la crisis del agua que vendrá en el futuro, pero desgraciadamente esa crisis ya está aquí. En el mundo la viven diariamente 1100 millones de personas, las cuales no tienen acceso al agua potable. En México, alrededor de 12 millones de personas padecen esta situación. Existen millones de personas que aún no tienen conocimiento de ésta crisis, debido a que no se experimenta de la misma forma en todas partes. Lamentablemente la mayoría de las personas que cuentan con un excelente abastecimiento de agua potable, hacen uso inadecuado de este recurso tan importante. La problemática de escases del agua, sobre todo la que es destinada para el consumo humano, involucra a toda la humanidad, pues es bien sabido que sin tal líquido no hay vida y si a esto sumamos que carece de calidad, puede asegurarse que no se tendrá calidad de vida.

3.2 LA GOBERNANZA DEL AGUA EN MÉXICO.

Hoy en día se considera que tener una buena gobernanza no es solo resultado de un buen gobierno, sino de una interacción entre los organismos gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil, que permita estructurar reglas sociales para una convivencia justa. Forzosamente, esta idea involucra una participación abierta de la sociedad en la toma de decisiones de los asuntos que le interesan (El agua en México, 2011).

La Conagua es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con funciones de derecho público en materia de gestión de las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, que en 1989 se estableció como única autoridad del agua en México, por ser la institución más grande en su género, en cuanto a funciones y poder. Sus responsabilidades de gestión de agua son muy amplias: asignación y distribución de agua, cobro de derechos de agua por la extracción y por descarga, así como la planificación, construcción y operación de obras hidráulicas (Conagua, 2017).

Hasta ahora pocos países han clasificado el agua como un derecho humano dentro de su Constitución, no es el caso de México, pues en nuestro país solo se han firmado algunos tratados internacionales que establecen que el agua es un derecho, uno de estos tratados es el llamado *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales* (PIDESC), el cual señala que el derecho al agua debe ajustarse a los siguientes factores:

- Disponibilidad: cada persona debe tener un abastecimiento de agua continuo y suficiente para su uso personal y doméstico.
- Calidad: el agua debe ser salubre, no debe contener microorganismos, sustancias químicas o radiactivas que supongan riesgos a la salud de los seres vivos. Debe tener un color, olor y sabor aceptables.
- Accesibilidad física y económica: el agua, las instalaciones y los servicios de distribución deben ser accesibles para todas las personas, es decir, deben estar al alcance físico de cualquier persona y los costos deberían ser accesibles para toda la sociedad sin importar su situación socioeconómica (El agua en México, 2011).

3.3 DISTRIBUCIÓN Y DISPONIBILIDAD DEL AGUA POTABLE EN MÉXICO.

La cantidad de agua que se tiene en el planeta no varía, sin embargo; el lugar, la forma y calidad en la que se encuentra si presenta variaciones. La disponibilidad del agua se refiere al volumen total del líquido que hay en una región. Para saber la cantidad existente para cada habitante se divide el volumen de agua entre el número de personas de una población. Es importante mencionar que, cada vez se cuenta con menos disponibilidad a este recurso hablando en materia de calidad y cantidad principalmente, lo cual se origina a partir de la sobreexplotación, cambio climático, contaminación y deforestación, que el ser humano ha provocado al planeta cada vez con mayor incidencia.

México es considerado como un país con baja disponibilidad de agua, es por esto que ha aumentado la preocupación respecto al tema, y se ha implementado la realización de foros, tales como el *Foro Mundial del Agua*, para discutir las alternativas que se deben tomar para que la disponibilidad del agua, tanto en cantidad como en calidad, no sea en pocos años un factor que limite el crecimiento económico del país, y un problema de salud pública como ya lo está siendo en algunas zonas del mundo (El medio ambiente en México, 2014).

El abastecimiento de agua en la República Mexicana es solventado gracias a sus diversas cuencas hidrológicas, las más importantes se mencionan a continuación en la tabla 1.

TABLA 1. PRINCIPALES CUENCAS HIDROLÓGICAS DE MÉXICO.

PRINCIPALES CUENCAS HIDROLÓGICAS EN MÉXICO.	
Cuenca del Río Bravo.	Cuenta con más de 457 mil Km ² y 51% de su territorio se encuentra en Estados Unidos de Norteamérica (E.U.A) y 49% en territorio mexicano. El cauce principal sirve de límite fronterizo entre México y E. U. A., que abarca más de 2000 Km.
Cuenca del Río Colorado.	Se encuentra entre México y E.U.A., el 99% de la cuenca se encuentra en E.U.A y el 1% en México.
Cuencas de los Ríos Grijalva y Usumacinta.	En el sur, México colinda con Guatemala y Belice. Estos ríos son los más caudalosos de México y proporcionan la mayor parte de la energía hidroeléctrica del país.
Cuencas Peninsulares.	En las penínsulas de Baja California y Yucatán se depende de estas aguas que por lo general son subterráneas.
Cuenca Cerrada.	Para satisfacer las necesidades de agua que demanda la zona metropolitana de la ciudad de México, esta cuenca se conecta con las de los ríos Lerma y Balsas, que le transfieren parte de sus disponibilidades.
Cuencas Costeras.	Las cuencas que se forman por el paralelismo de las cordilleras con las costas son relativamente pequeñas y albergan ríos de corta trayectoria y grandes pendientes, por lo que sus caudales son de difícil aprovechamiento, salvo en el pacífico norte.

Fuente: (El agua en México, 2011).

3.4 DISTRIBUCIÓN Y DISPONIBILIDAD DEL AGUA POTABLE EN MORELIA MICHOACÁN.

La ciudad de Morelia, capital del estado de Michoacán, está situada en el valle de Guayangareo formado por un repliegue del eje neovolcánico transversal, en la región norte del estado, en el centro occidente del país. Morelia es la ciudad más poblada y extensa del estado de Michoacán y la vigésima séptima a nivel nacional, con un área de 78 Km² y una población de 597 mil 511 habitantes según los resultados de población y vivienda 2010 del INEGI.

En cuanto a abastecimiento y distribución de agua se refiere, las principales cuencas de abastecimiento de la ciudad son la presa Mintzita y el lago de Cuitzeo, y es el Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS) el encargado de realizar la gestión del recurso, y es el Departamento de Calidad del Agua del OOAPAS, quien monitorea sistemáticamente las fuentes de abastecimiento de la capital Michoacana.

Dicho organismo ratifica que el agua que se entrega a los habitantes morelianos cumple con la calidad requerida que se establece en la Norma Oficial Mexicana 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” (OOAPAS, 2017). En dicha norma se establecen los límites máximos permisibles de concentraciones de metales en partes por millón (PPM), los cuales son monitoreados constantemente por el Departamento de Calidad del Agua, realizando muestreos en todas las fuentes de abastecimiento de la ciudad.

De los pozos que supervisa el OOAPAS en la parte norponiente de Morelia, solo en tres: Tacícuaro, Villa Magna y Villas del Pedregal II, se detectó presencia de Fierro (Fe) y Manganeseo (Mn), por arriba de lo establecido en la norma, debido a las características propias de la zona. El resto de los parámetros contemplados en la norma no se han detectado en los pozos de abastecimiento de las ubicaciones señaladas (OOAPAS, 2017). Morelia se ubica en la región hidrográfica número 12, conocida como Lerma-Santiago, particularmente en el distrito de riego Morelia-Queréndaro. Forma parte del lago de Cuitzeo. Sus principales ríos son el Grande y el

Chiquito. Sus arroyos más conocidos son la Zarza y la Pitaya. Su presa más importante es la de Cointzio, aunque cuenta con otras menores como las de Umécuaro, Laja caliente y la Mintzita. La creación de la planta potabilizadora de agua “la Mintzita” en Morelia, ha sido de gran ayuda para lograr potabilizar y purificar el 50% del agua destinada a consumo de la ciudad (Honorable ayuntamiento de Morelia., 2015).

3.5 ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DEL AGUA.

El agua es la sustancia más abundante en los sistemas vivos, constituye el 70% o más del peso de la mayoría de los organismos, es una molécula simple formada por 2 átomos de hidrógeno (H) y un átomo de oxígeno (O), que se encuentran unidos mediante enlaces de tipo covalente muy fuertes, lo cual permite que la molécula sea muy estable. Su estructura se representa en la imagen 1. El agua es conocida también por su alta capacidad disolvente, por lo que se le conoce también como el disolvente universal, esto es debido a su pequeño tamaño, a la naturaleza polar de sus enlaces H-O, a su estructura angular y a su capacidad para formar puentes de hidrógeno.

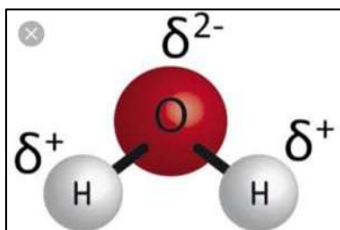


ILUSTRACIÓN 1. ESQUEMA DE LA MOLÉCULA DEL AGUA.

Fuente: (<https://www.pinterest.com/pin/4570450621702555981>).

La atracción electrostática entre la carga parcial positiva cercana a los átomos de hidrógeno de una molécula de agua y la carga parcial negativa cercana al átomo de oxígeno, permite la unión de moléculas de agua vecinas mediante un enlace químico muy especial y de excepcional importancia para la vida, que explica el amplio abanico de sus propiedades físicas y químicas: enlace de puentes de hidrógeno (Carbajal, 2013). Dichas propiedades se mencionan en la tabla 2.

Para llevar a cabo este tipo de enlace, se requiere que el átomo electronegativo (en este caso el Oxígeno de la molécula del agua) que atrae al hidrógeno sea pequeño, posea un par de electrones no enlazantes y una geometría que permita que el hidrógeno forme un puente entre los átomos electronegativos. Cada molécula de agua tiene la capacidad de formar un máximo de 4 puentes de hidrógeno, creando una red cristalina regular (Mathews & Ahern, 2002).

TABLA 2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA.	
PROPIEDADES FÍSICAS:	PROPIEDADES QUÍMICAS:
Sustancia que se encuentra en 3 estados físicos de la materia: líquido, sólido y gaseoso. Sustancia incolora, inodora e insípida. Punto de fusión: 0°C. Punto de ebullición: 100° C. Calor de vaporización: 2260 J/g. Peso molecular: 18 g/mol.	Fórmula química: H₂O. Disolvente universal. Elevada fuerza de cohesión. Interviene en reacciones químicas tales como: condensación, hidrólisis, formación de hidróxidos y oxí-ácidos al combinarse con metales, óxidos metálicos y no metálicos. En la forma en la que se encuentra en la naturaleza (químicamente pura) el agua tiene un pH de 7.0, mientras que en calidad de agua potable su pH es de 6.5 a 8.0. Calor específico: 4180 J/Kg•K. Constante dieléctrica (ε): 80 Momento dipolar: 1.83 D.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 IMPORTANCIA Y FUNCIONES DEL AGUA EN EL CUERPO HUMANO.

El agua es un líquido imprescindible para la vida del ser humano, pues dio origen a la vida y es ella quien la mantiene, es una sustancia esencial que interviene en prácticamente todas las funciones del organismo, las cuales se describen más adelante en la tabla 3. Se sabe que el volumen de ingesta recomendado es de 2L de agua al día, pero los requerimientos de cada organismo, dependen de múltiples factores tales como la edad, dieta, temperatura ambiental y corporal, etc. Normalmente, la sensación de sed permite satisfacer nuestras necesidades de agua, pero no siempre ocurre así, puesto que el mecanismo de la sed aparece cuando el proceso de deshidratación ya se ha iniciado. Es aconsejable beber agua incluso aunque no se tenga sed, ya que, aunque dependemos de ella, nuestro organismo no es capaz de sintetizarla en cantidades suficientes ni de almacenarla, por lo que debe ingerirse regularmente (Carbajal, 2013).

El agua interviene en casi todas las reacciones químicas de la célula, puesto que la mayor parte de estas reacciones se desarrolla en un medio acuoso. Sus propiedades físicas y químicas son trascendentales y tienen profundos significados para la biología, ya que su importancia radica en el funcionamiento celular, control de la homeostasis y con el metabolismo (Mathews & Ahern, 2002).

TABLA 3. FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL AGUA

FUNCIONES BIOLÓGICAS DEL AGUA.	
Función:	Descripción:
Acción disolvente.	Tiene una capacidad excepcional de disolver biomoléculas presentes en los organismos vivos, puede disolver sustancias iónicas, polares y también las que no tienen carga, ya que éstas tienen grupos funcionales polares que forman interacciones dipolo-dipolo favorable.
Actúa como sustrato y producto en el metabolismo celular.	Un ejemplo de ello, son las reacciones de hidrólisis que se producen en la digestión o en la oxidación de los macronutrientes.
Ayuda a mantener equilibrado el pH corporal.	Esto se lleva a cabo mediante la aceptación y/o donación de protones, ya que la actividad de muchos procesos, por ejemplo la actividad enzimática es pH dependiente.

Actúa como medio de transporte.	Es el vehículo para transportar hormonas, metabolitos y otras muchas sustancias en la sangre, y para la excreción de productos de desecho de los pulmones, riñones, intestino y la piel.
Actúa como lubricante.	La saliva lubrica la boca y facilita la masticación y deglución, las lágrimas lubrican los ojos y los limpian de cualquier impureza, el líquido sinovial baña las articulaciones, y las secreciones mucosas lubrican los aparatos digestivo, respiratorio y genitourinario. Mantiene también la humedad necesaria en oídos, nariz y garganta.

Fuente: Elaboración propia.

Las propiedades físico-químicas del agua se encuentran relacionadas con algunos procesos fisiológicos en el ser humano, ésta relación se explica a continuación en la tabla 4.

TABLA 4. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA RELACIONADAS A PROCESOS FISIOLÓGICOS

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL AGUA RELACIONADAS A PROCESOS FISIOLÓGICOS.	
Propiedad:	Descripción:
Calor específico:	Se define como la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar la temperatura de 1 g de sustancia en 1°C. Para el agua el valor es de 1 cal/g. Ayuda a mantener la temperatura homogénea del cuerpo, mediante el bombeo constante de sangre del corazón hasta los tejidos periféricos, considerando que el componente más abundante de la sangre es el agua.
Calor de vaporización:	Es la energía gastada en la evaporación de 1 mol de un líquido en su punto de evaporación, representa la cantidad de energía cinética que requieren las moléculas en el estado líquido para vencer su mutua atracción y alejarse unas de otras, tal como ocurre en el estado gaseoso. El calor de vaporización del agua es alto, por lo tanto, se minimizan las pérdidas de agua que pudieran ocurrir en los seres vivos debido a la evaporación, de manera que los protege contra la deshidratación.
Tensión superficial:	Es una fuerza de atracción que se manifiesta en la superficie de un líquido, debido a la atracción que sufren las moléculas de la superficie hacia el seno del líquido. Una gran porción de la membrana de cualquier célula está formada por lípidos, es factible que el paso del agua a través de las membranas celulares se realice en porciones que asemejen capilares de corta longitud.
Constante dieléctrica:	Es la propiedad de los disolventes de separar iones de cargas opuestas. El

	agua tiene uno de los valores de constante dieléctrica más elevados (80), lo que ocasiona que las moléculas o partículas cargadas eléctricamente sean de fácil disociación en presencia del agua.
Densidad:	El agua líquida es más densa que el hielo a presión y temperatura estándar. Existe un cambio positivo en el volumen después del congelamiento, lo que ocasiona que el hielo flote. Si el hielo, no flotara, la vida acuática en cuerpos de agua como lagos, ríos y polos terrestres, no existiría, pues se congelaría todo el cuerpo hasta la superficie, de hecho, la capa de hielo se convierte en un aislante térmico.

Fuente: Elaboración propia.

El agua del cuerpo humano se pierde de distintas formas, ya sea mediante las micciones que se realizan durante el día, la deposición de heces fecales, la sudoración por medio de la piel, y a través de los pulmones, es por ello, que se debe suplir esta pérdida de agua en el organismo mediante la ingesta de alimentos y bebidas.

3.7 CONTAMINACIÓN Y TOXICOLOGÍA DEL AGUA, ENFERMEDADES ADQUIRIDAS MEDIANTE EL CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA.

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua destinada al consumo humano tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo humano proporcionan beneficios significativos para la salud. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas inmunosuprimidas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos.

La gran mayoría de los problemas de salud relacionados con el agua se deben a la contaminación microbiológica ocasionada por bacterias, virus, protozoos, helmintos, etc., pero también se producen a consecuencia de la alta presencia de componentes químicos en ella. Es por ello, que contar con agua salubre y de fácil acceso es de vital importancia para la salud, ya sea que se utilice para beber, para producir alimentos y medicamentos o bien con fines recreativos. Existen diferentes tipos de contaminación del agua:

- Contaminación microbiológica: los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con heces fecales ya sea de humanos o de animales (incluidas las aves). Las heces pueden ser fuente de patógenos, tales como bacterias, virus, protozoos, helmintos, etc. Si no se garantiza la seguridad del agua, la población puede quedar expuesta a contraer enfermedades infecciosas de tipo intestinal y respiratorio principalmente. A continuación, se muestra en la tabla 5 el tipo de microorganismos más frecuentes asociados a la contaminación del agua.

TABLA 5. PRINCIPALES AGENTES MICROBIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

PRINCIPALES AGENTES MICROBIOLÓGICOS ASOCIADOS A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA.			
Agente patógeno:	Importancia para la salud:	Proliferación en los sistemas de abastecimiento de agua:	Resistencia al cloro:
BACTERIAS:			
Escherichia coli enteropatógena.	Alta.	Moderada.	Baja.
Escherichia coli enterohemorrágica.	Alta.	Moderada.	Baja.
Pseudomona aeruginosa.		Alta.	Moderada.
Salmonella typhi.	Moderada.		
Shigella spp.		Variable.	Baja.
Vibrio cholerae.	Alta.	Moderada.	Baja.
Yersinia enterocolitica.	Alta.	Variable.	Baja.
	Alta.	Moderada.	Baja.
	Alta.	Baja.	Baja.
VIRUS:			
Adenovirus.	Alta.	Alta.	Moderada.
Enterovirus.	Alta.	Alta.	Moderada.
Virus de la hepatitis A.	Alta.	Alta.	Moderada.
Virus de la hepatitis B.	Alta.	Alta.	Moderada.
Norovirus y Sapovirus.	Alta.	Alta.	Moderada.
Rotavirus.	Alta.	Alta.	Moderada.

PROTOZOOS:			
Acanthamoeba spp.	Alta.	Alta.	Alta.
Cryptosporidium parvum.	Alta.	Alta.	Alta.
Cyclospora cayetanensis.	Alta.	Alta.	Alta.
Entamoeba histolytica.	Alta.	Alta.	Alta.
Giardia intestinalis.	Alta.	Alta.	Alta.
Naegleria fowleri.	Alta.	Alta.	Alta.
Toxoplasma gondii.	Alta.	Variable.	Alta.
	Alta.	Alta.	Alta.
HELMINTOS:			
Dracunculus medinensis.	Alta.	Alta.	Moderada.
Schistosoma spp.	Alta.	Baja.	Moderada.

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La transmisión por el consumo de agua es sólo uno de los vehículos de propagación de los agentes patógenos por la vía fecal-oral. Pueden ser también vehículos los alimentos contaminados, las manos, los utensilios y la ropa, sobre todo cuando el saneamiento e higiene domésticos son deficientes. Para reducir la transmisión de enfermedades por vía fecal-oral es importante mejorar la calidad del agua y su disponibilidad, así como los sistemas de eliminación de excrementos y la higiene en general.

Las guías de calidad de agua potable emitidas por la OMS, establecen valores de referencia para la verificación de la calidad microbiológica del agua, éstos se muestran en la tabla 6.

TABLA 6. VALORES DE REFERENCIA PARA LA VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA.

VALORES DE REFERENCIA PARA LA VERIFICACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA.		
Tipo de agua:	Microorganismos:	Valor de referencia:
Agua de consumo humano.	<i>Escherichia coli</i> o bacterias coliformes.	No detectables en ninguna muestra de 100 ml.
Agua tratada que alimenta el sistema de distribución.	<i>Escherichia coli</i> o bacterias coliformes.	No detectables en ninguna muestra de 100 ml.
Agua tratada presente en el sistema de distribución.	<i>Escherichia coli</i> o bacterias coliformes.	No detectables en ninguna muestra de 100 ml.

Fuente: (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La gravedad de los efectos a la salud humana ocasionados por agentes transmitidos por el agua es variable, puede ir desde gastroenteritis leve a diarrea grave, a veces mortal, disentería, hepatitis y fiebre tifoidea. El agua contaminada puede ser la fuente de grandes epidemias de enfermedades como el cólera y la criptosporidiosis; sin embargo, la mayoría de los agentes patógenos transmitidos por el agua presentan otras vías de infección importantes, como el contacto de persona a persona y la transmisión por la ingesta de alimentos contaminados (Organización Mundial de la Salud, 2006).

La mayoría de los agentes patógenos que son transmitidos por el agua no se desarrollan en ella, pero inician la infección en el aparato digestivo del ser humano tras su ingestión, este tipo de patógenos entran en los sistemas de abastecimiento de agua mediante la contaminación por heces fecales humanas o animales. Sin embargo; hay microorganismos de tipo medioambiental tales como *Legionella*, micobacterias atípicas, *Burkholderia pseudomallei* y *Naegleria fowleri*, que pueden proliferar en el agua y suelo. Además de la ingestión, puede haber otras vías de transmisión como la inhalación, que produce infecciones del aparato respiratorio, y el contacto, que produce infecciones en

lugares tan diversos como la piel y el cerebro. De todos los agentes patógenos transmitidos por el agua, el helminto *Dracunculus medinensis* es particular porque es el único agente patógeno que se transmite exclusivamente por el agua de consumo (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Es muy importante tener conocimiento acerca de las generalidades de este tipo de microorganismos, así como conocer los efectos que originan en base a la salud humana, cuáles son sus fuentes y prevalencia, las vías de exposición y la relevancia que tiene su presencia en el agua de consumo humano. Todos estos aspectos se explican a continuación, cabe mencionar que solo se describirán estos aspectos para los microorganismos clasificados como bacterias, ya que son los de objeto principal de este trabajo:

- *Escherichia coli*: es un bacilo gramnegativo, que se encuentra presente de forma normal en la microbiota del ser humano y de algunos animales donde, por lo general es inocuo. Sin embargo, cuando se encuentra en otras partes del cuerpo suele causar enfermedades graves como infección de las vías urinarias (IVU), bacteriemia y meningitis. Se conocen varios serotipos enteropatógenos de *E.coli*, que se basan en diferentes factores de virulencia, estos son: *E. coli enterohemorrágica* (ECEH), *E.coli enterotoxígena* (ECET), *E.coli enteropatógena* (ECEP), *E.coli enteroinvasiva* (ECEI), *E. coli enteroagregativa* (ECEA) y *E. coli de adherencia difusa* (ECAD) (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: los serotipos de ECEH así como de *E.coli* O157: H7 y *E.coli* O111, producen diarrea que puede ser desde leve y no hemorrágica hasta altamente hemorrágica, siendo esta última indistinguible de la colitis hemorrágica. Entre el 2 y 7% de los enfermos desarrollan en síndrome hemolítico urémico (SHU), que puede ser mortal y se caracteriza por insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica. Los niños menores de 5 años son los que tienen mayor riesgo de desarrollar el SHU. La infectividad de las cepas de ECEH es mayor que la de otras cepas, se necesitan tan solo 1000 bacterias para causar una infección. ECET produce enterotoxinas de *E.coli* termolábiles o termoestables, o ambas simultáneamente, y es una causa importante de diarrea en países en desarrollo, sobre todo en niños de corta edad. Los síntomas de la

infección por ECET son diarrea acuosa ligera, cólicos, náuseas y cefalea. La infección por ECEP se ha asociado con diarrea no hemorrágica crónica e intensa, vómitos y fiebre en los lactantes. ECEI produce diarrea acuosa y, en ocasiones hemorrágica; estas cepas invaden las células del colón mediante un mecanismo patógeno similar al de *Shigella* (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Fuentes y prevalencia: las *E.coli* enteropatógenas son microorganismos entéricos y las personas son el reservorio principal, sobre todo de las cepas de ECEP, ECET y ECEI. El ganado como las vacas y las ovejas, y en menor medida, las cabras, los cerdos y los pollos, son una fuente importante de cepas de ECEH, las cuales también se han asociado con hortalizas crudas, como los brotes de frijoles. Estos agentes patógenos se han detectado en diversos ambientes acuáticos (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Vías de exposición: la infección se asocia con la transmisión de persona a persona, el contacto con animales (zoonosis), los alimentos y el consumo de agua contaminada.

- *Pseudomona aeruginosa*: pertenece a la familia *Pseudomonadaceae* y es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar. Cuando se cultiva en medios adecuados produce piocianina, un pigmento azulado no fluorescente. Muchas cepas producen también el pigmento verde fluorescente pioverdina. Es un microorganismo catalasa y oxidasa positivo, produce amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar el citrato como única fuente de carbono. (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: puede causar diversos tipos de infecciones pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas sin algún factor predisponente. Coloniza predominantemente partes dañadas del organismo, como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de personas con enfermedades subyacentes o con lesiones físicas en los ojos. Desde estos lugares puede invadir el organismo y causar lesiones destructivas o septicemia y meningitis. Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en las infecciones de tipo nosocomial.

Fuentes y prevalencia: es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Se ha aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras de hidromasaje.

Vías de exposición: la principal vía de infección es la exposición de los tejidos vulnerables, en particular de heridas y mucosas, a agua contaminada, así como la contaminación de instrumentos quirúrgicos. Pero es importante mencionar que, la ingesta de agua de consumo no es una fuente de infección importante.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: no hay evidencia de que el agua de consumo sea una fuente de infección para la población en general. No obstante, puede asociarse la presencia de concentraciones altas de *P. aeruginosa* en el agua potable, especialmente en el agua envasada, con quejas en cuanto a su sabor, olor y turbidez (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- *Salmonella spp*: es un género que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Son bacilos gramnegativos móviles que no fermentan la lactosa, aunque la mayoría producen sulfuro de hidrógeno o gas debido a la fermentación de los hidratos de carbono. En un principio, se agruparon en más de 2000 especies (serotipos) en función de sus antígenos somáticos (O) y flagelares (H). (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: las salmonelosis típicamente producen las siguientes manifestaciones clínicas: gastroenteritis, bacteriemia o septicemia, fiebre tifoidea o paratifoidea. En lo que respecta a la infección intestinal, las especies de *Salmonella* se pueden dividir en dos grupos bastante diferenciados: las especies o serotipos tifoideos *S. typhi* y *S. paratyphi* y el resto de especies o serotipos no tifoideos. Los síntomas de la gastroenteritis no tifoidea aparecen de 6 a 72 horas después de la ingestión de agua o alimentos contaminados.

Fuentes y prevalencia: el género *Salmonella* está ampliamente distribuido en el medio ambiente pero algunas especies o serotipos presentan especificidad del hospedador. Por lo general, *S. typhi* y *S. paratyphi* están restringidas al ser humano, aunque *S.*

paratyphi puede infectar ocasionalmente al ganado. Los agentes patógenos acceden a los sistemas de distribución de agua mediante contaminación fecal por descargas de aguas residuales, o por el ganado y los animales silvestres.

Vías de exposición: se transmite por vía fecal-oral. Las infecciones por serotipos no tifoideos se asocian principalmente con el contacto entre personas, el consumo de diversos alimentos contaminados y la exposición a animales. La infección por especies tifoideas se asocia con el consumo de agua o alimentos contaminados, siendo poco frecuente la transmisión directa entre personas.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: los brotes de fiebre tifoidea transmitida por el agua tienen consecuencias devastadoras para la salud pública. Sin embargo; a pesar de su amplia distribución es raro que las especies de *Salmonella* no tifoideas causen brotes transmitidos por el agua de consumo (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- *Shigella spp*: también pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, es un género formado por bacilos gramnegativos, no esporulados e inmóviles que son aerobios facultativos. Las especies de este género tienen un patrón antigénico complejo y su clasificación se basa en sus antígenos somáticos (O), muchos de los cuales son comunes a otros bacilos entéricos, como *E.coli*. Hay 4 especies: *S. dysenteriae*, *S. flexneri*, *S. boydii* y *S. sonnei*. (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: *Shigella spp* puede ocasionar enfermedades intestinales graves, incluida la disentería bacilar. La mayoría de las infecciones por *Shigella* se producen en niños menores de 10 años. El periodo de incubación de la shigellosis puede ser de 24 a 72 h. la ingestión de tan solo 10 a 100 microorganismos puede causar una infección, una dosis infectiva sustancialmente más baja que la de las demás bacterias entéricas. Al comienzo de la enfermedad aparecen fiebre, cólicos y diarrea acuosa. Todas las especies pueden producir enfermedades graves, pero la enfermedad producida por *S. sonnei*, es por lo general, leve y de resolución espontánea.

Fuentes y prevalencia: los únicos hospedadores naturales de las shigelas son las personas y otros primates superiores. Las bacterias permanecen contenidas en las células epiteliales de sus hospedadores.

Vías de exposición: se transmiten predominantemente por vía fecal-oral, mediante el contacto entre personas o por el agua y los alimentos contaminados. Se ha comprobado también que las moscas son un vector de transmisión del microorganismo presente en residuos fecales contaminados.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: se ha documentado cierto número de grandes brotes de shigellosis transmitidos por el agua. Estos microorganismos no son particularmente en medios acuáticos, por lo que su presencia en el agua de consumo indica contaminación reciente con heces humanas (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- *Vibrio cholerae*: el género *Vibrio* está formado por bacterias gramnegativas pequeñas, curvadas (con forma de coma) y con un único flagelo polar. Las especies se tipifican en función de sus antígenos O. Hay varias especies patógenas de las cuales *Vibrio cholerae* es la única especie patógena relevante en medios dulceacuícolas. Aunque hay varios serotipos que pueden causar diarrea el O1 y el O139 son actualmente los únicos que causan los síntomas de cólera clásicos, en los que una fracción de los enfermos padece diarrea acuosa grave y fulminante. Las cepas de *V. cholerae* O1 y O139 que causan el cólera producen una enterotoxina (la toxina del cólera) que altera los flujos de iones a través de la mucosa intestinal, ocasionando una pérdida considerable de agua y electrolitos en las heces líquidas. Otros factores infectivos son un factor de adhesión y una fimbria de unión al hospedador. No todas las cepas de los serotipos O1 y O139 poseen dichos factores de virulencia, y es raro que los posean otras cepas (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: los síntomas del cólera los produce la enterotoxina termolábil del cólera propio de las cepas toxígenas de *V. cholerae* O1 y O139. La manifestación sintomática de la enfermedad puede ser leve, moderada o grave. Los

síntomas iniciales del cólera son aumento del peristaltismo seguido de la producción de deposiciones acuosas y sueltas de tono blanquecino con pequeños gránulos (con aspecto de “agua de arroz”) y restos de mucosa en las que el enfermo puede perder de 10 a 15 L de líquido al día. La disminución de la acidez gástrica por la administración de bicarbonato sódico disminuye la dosis infectiva de *V. cholerae* O1 de unos 10⁸ microorganismos.

Fuentes y prevalencia: las cepas no toxígenas de *V. cholerae* están ampliamente distribuidas en ambientes acuáticos, pero la distribución de las cepas toxígenas no es tan amplia. Las personas son un foco establecido de cepas toxígenas de *V. cholerae* y cuando se produce un brote de la enfermedad el microorganismo puede detectarse en las aguas residuales. Aunque en zonas libres de la enfermedad pueden aislarse del agua cepas de *V. cholerae* O1, estas cepas por lo general no son toxígenas.

Vías de exposición: el cólera se transmite típicamente por vía fecal-oral y la infección se contrae predominantemente por la ingestión de alimentos o agua con contaminación fecal. El gran número de microorganismos necesario para causar una infección hace que el contacto entre personas sea una vía de transmisión improbable.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: la contaminación del agua debido a un saneamiento deficiente es responsable de la transmisión en gran medida, pero no explica por completo la recurrencia estacional, por lo que deben influir otros factores además del saneamiento deficiente. La presencia de los serotipos O1 y O139 patógenos de *V. cholerae* en aguas de consumo tiene una importancia fundamental para la salud pública y puede tener consecuencias económicas y de salud graves (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- *Yersinia enterocolitica*: el género *Yersinia* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae* y comprende 7 especies. Las especies son *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis*, y ciertos serotipos de *Y. enterocolitica* que son patógenos para el ser humano. Los microorganismos del género *Yersinia* son bacilos gramnegativos, móviles a 25°C pero no a 37°C (Organización Mundial de la Salud, 2006).

Efectos sobre la salud humana: *Y. enterocolitica* penetra en las células de la mucosa intestinal y produce úlceras en el íleo terminal. La yersiniosis se manifiesta generalmente en forma de gastroenteritis aguda con diarrea, fiebre y dolor abdominal. Otra manifestación clínica es la formación de “bubones” (inflamación dolorosa de los ganglios linfáticos o linfadenomegalía). Parece que la enfermedad es más grave en niños que adultos.

Fuentes y prevalencia: los animales domésticos y silvestres son el reservorio principal de *Yersinia* spp.; los cerdos son el reservorio principal de *Y. enterocolitica* patógena, aunque también se ha detectado en aguas residuales y en aguas superficiales contaminadas. Sin embargo; habitualmente las cepas de *Y. enterocolitica* detectadas en el agua de consumo son cepas no patógenas de probable origen ambiental.

Vías de exposición: las yersiniosis se transmiten por vía fecal-oral y se considera que la fuente de infección principal son los alimentos, en particular la carne y sus productos, la leche y sus derivados. También puede producirse infección por ingestión de agua contaminada, y se ha comprobado así mismo la transmisión directa entre personas y de animales a personas (zoonosis).

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: aunque la mayoría de las especies de *Yersinia* encontrada en el agua probablemente no son patógenas, se han presentado pruebas circunstanciales que apoyan la transmisión a personas de *Y. enterocolitica* y *Y. pseudotuberculosis* procedentes de agua de consumo no tratada (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- *Klebsiella* spp: los microorganismos del género *Klebsiella* son microorganismos gramnegativos inmóviles que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Este género está formado por varias especies entre las que se encuentran *K. pneumoniae*, *K. oxycota*, *K. planticola*, y *K. terrigena*. La capa más externa de *Klebsiella* está formada por una gran cápsula de polisacáridos que diferencia a estos microorganismos de otros géneros de esta familia. (Koneman & Schereckenberger, 2001).

Efectos sobre la salud humana: se han detectado *Klebsiella spp* en pacientes de hospitales, estando la transmisión asociada con la manipulación frecuente de los pacientes (por ejemplo, en las unidades de cuidados intensivos). Quienes tienen un riesgo mayor a sufrir la infección son personas con sistema inmune debilitado, las personas con quemaduras o heridas extensas, los pacientes que se encuentran sometidos a tratamientos inmunodepresores o los infectados por el Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH). En particular, *K. pneumoniae* y *K. oxycota*, pueden causar infecciones graves, como neumonía destructiva.

Fuentes y prevalencia: *Klebsiella spp*, está presente de forma natural en muchos ambientes acuáticos y puede multiplicarse y alcanzar concentraciones elevadas en aguas ricas en nutrientes, como residuos de fábricas de papel, plantas de acabados textiles y operaciones de procesamiento de caña de azúcar. Estos microorganismos pueden proliferar en sistemas de distribución de agua, y se sabe que colonizan las arandelas de los grifos. También son excretados en las heces de muchas personas y animales sanos, y se detectan con facilidad en aguas contaminadas por aguas residuales.

Vías de exposición: puede causar infecciones nosocomiales, y el agua y los aerosoles contaminados pueden ser fuentes de estos microorganismos en ambientes hospitalarios.

Relevancia de su presencia en el agua de consumo: no se considera que la ingestión del agua de consumo sea una fuente de enfermedades del aparato digestivo por *Klebsiella spp* en la población. Por lo general, los microorganismos de este género que son detectados en el agua de consumo forman parte de biopelículas y es poco probable que constituyan un riesgo para la salud (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- Contaminación química: la mayoría de las sustancias químicas presentes en el agua de consumo son potencialmente peligrosas para la salud solo después de una exposición prolongada (meses o años). En base a las guías de calidad del agua potable emitidas por la OMS, los contaminantes químicos del agua se clasifican en 6 grupos principales en función de su origen, estos se muestran en la tabla 7.

TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU ORIGEN.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU ORIGEN.		
Origen de los componentes químicos:	Ejemplo de orígenes:	Ejemplo de sustancias:
Origen natural.	Rocas, suelos y los efectos del marco geológico y el clima.	Cloruro, sales de calcio y magnesio (dureza), sulfuro de hidrógeno, pH, sodio, sulfato, sólidos disueltos totales (SDT), arsénico, bario, cromo, fluoruro, manganeso, molibdeno, selenio, uranio.
Fuentes industriales y núcleos habitados.	Minería (industrias extractivas) e industrias de fabricación y procesamiento, aguas residuales, residuos sólidos, escorrentía urbana, fugas de combustibles.	1,3-Diclorobenceno, 1,1-Dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, Hexaclorobenceno, Monoclorobenceno, productos derivados del petróleo, triclorobencenos, 1,1,1-Tricloroetano, cadmio, cianuro y mercurio.
Actividades agropecuarias.	Estiércoles, fertilizantes, prácticas de ganadería intensiva y plaguicidas.	Nitrato (NO ₃), nitrito (NO ₂), plaguicidas tales como alacloro, aldicarb, aldrín, atrazina, carbofuran, clorotoluron, cianazina, dicloroprop, dimetoato, entre otros.
Tratamiento del agua o materiales en contacto con el agua de consumo.	Coagulantes, subproductos de la desinfección (SPD), materiales de tuberías.	Cloro, dióxido de cloro, cloramina, ozono, yodo, plata, cloroacetonas, formaldehído, monobromoacetato, entre otras.
Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública.	Larvicidas utilizados en el control de insectos vectores de enfermedades.	Clorpirifos, Piriprofixeno.
Cianobacterias.	Lagos eutróficos.	Cianotoxinas tales como la Microcistina-LR.

Fuente: (Organización Mundial de la Salud., 2006).

Ciertas sustancias consideradas peligrosas para la salud, afectan el sabor, olor y aspecto del agua de consumo, de modo que, conllevan a su rechazo. Los contaminantes químicos del agua de consumo están presentes junto con numerosos componentes inorgánicos y orgánicos que se mencionan a continuación:

- Contaminantes orgánicos: Dentro de este tipo de impurezas se encuentran sustancias procedentes de la vegetación de las algas, hidrocarburos de los fenoles, etc., que por lo general suelen afectar el olor y sabor del agua.

También se encuentran presentes los plaguicidas y herbicidas, que pueden originar problemas de tipo circulatorio, respiratorio y trastornos del sistema nervioso a la salud.

Cabe mencionar también, la presencia de cloro, ya que al ser utilizado para desinfectar los abastecimientos de agua interactúa con los materiales orgánicos naturales, como por ejemplo los productos degradados de la vegetación, con lo cual da origen a la formación de productos orgánicos tóxicos tales como el cloroformo y el bromodiclorometano, las afecciones que puede generar a la salud del ser humano puede ser cáncer de tipo gastrointestinal, hipertensión y anemia, ya que uno de los factores que desencadena esta última es el efecto nocivo que produce el cloro en los glóbulos rojos al ser lisados o acortar su tiempo de vida media.

- Contaminantes inorgánicos: este tipo de impurezas son variadas, entre ellas se encuentran las siguientes: las que se generan debido a la suciedad y a los sedimentos tales como arena, arcilla, sales minerales y precipitadas, con lo cual se origina cierto grado de turbidez en el aspecto del agua y así se favorece al crecimiento exponencial de las bacterias. Otro aspecto importante son los sólidos disueltos presentes en el agua, estos proceden de las rocas y otros compuestos de la tierra, su presencia ocasiona varias interferencias en el agua, principalmente en su sabor, que puede tornarse amargo, salado o metálico. Sin olvidar a los metales tóxicos, cuya presencia de elevados niveles en el agua constituyen una de las mayores amenazas para la salud del ser humano. Entre estos metales se encuentran el Arsénico (As), Cadmio (Cd), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Plata (Ag), Cromo (Cr) y Selenio (Se), las afecciones que este tipo de metales pueden causar a la salud son daño de los nervios, defectos congénitos, retraso mental, ciertos tipos de cáncer e inmunodeficiencia, por mencionar algunos.

El agua como tal, no representa ningún riesgo para la salud humana, excepto si se consume en su estado químicamente puro, pues de esta forma contiene diversos componentes como sales, metales pesados e iones que pueden ser perjudiciales para la salud. En la sección de anexos de este trabajo, se muestra la hoja de seguridad del agua.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el agua es imprescindible para la vida de casi todos los seres vivos, por lo que es necesario consumirla de manera suficiente para que nuestro organismo funcione de manera correcta, pero por otra parte, consumirla de manera excesiva trae consigo complicaciones, éstas se mencionan a continuación:

- Agua-alcoholismo (personas adictas a beber agua): las personas diagnosticadas como agua-alcohólicas van consumiendo cada vez más cantidad del líquido, atraídos por la idea de mejorar la apariencia de su piel, adelgazar o tener más energía. Pero lo que comienza como una costumbre saludable pronto deriva en que no pueden prescindir de sorbos regulares de agua y sientan pánico si no lo hacen incluso en breves lapsos de tiempo (Vaquero, 2014).
- Insomnio: beber agua en exceso sobre todo al final del día, puede interrumpir el sueño, ya que mientras se duerme, el cerebro libera la Hormona Antidiurética (HAD), con el fin de frenar la función renal y dejar de sentir la necesidad de miccionar (orinar) durante la noche (Vaquero, 2014).
- Hiperhidrosis: también conocida como sudoración excesiva, tras años de estudio de esta enfermedad, se encontró que los pacientes con este diagnóstico, bebían mucha agua para compensar la cantidad que perdían mientras sudaban, pero no tenían consciencia de que al ingerir más agua de lo normal, la sudoración es la manera que emplea el cuerpo para deshacerse de ese exceso (Medline plus enciclopedia medica, 2017).
- Envenenamiento por agua: Beber grandes cantidades de agua en lapsos muy cortos de tiempo puede alterar el equilibrio de las sales del cuerpo, esto se debe a que los riñones no pueden eliminar el exceso del líquido de nuestro cuerpo lo suficientemente rápido, por lo tanto la sangre se vuelve más diluida de lo normal.

Los niveles de sal en las células sanguíneas y en el cuerpo suelen ser los mismos, pero si la sangre de repente se vuelve más diluida, puede hacer que las células, en particular, las cerebrales se hinchen, generando así, presión en el cráneo, que puede ocasionar dolores de cabeza e hiponatremia que puede ser fatal. Entre los síntomas que genera el envenenamiento por agua, se citan los siguientes: Mareos, náuseas, defectos del habla, confusión, en casos severos puede resultar en pérdida de consciencia, convulsiones, letargia, fatiga, vómitos, debilidad muscular, espasmos, calambres, debilidad, irritabilidad, y lo más grave, la muerte (Medline plus enciclopedia medica, 2017).

- Problemas renales: cuando se tiene una cantidad excesiva de agua en el sistema circulatorio, los riñones comienzan a trabajar con mayor potencia para deshacerse de ella. Como se sabe, el sistema de filtración de los riñones está compuesto por redes capilares que se llaman glomérulos. Por lo tanto, al forzar a los riñones a filtrar el exceso de agua, se corre el riesgo de dañar innecesariamente a los glomérulos (Medline plus enciclopedia medica, 2017).

3.8. PROFILAXIS PARA EVITAR LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR EL CONSUMO DE AGUA CONTAMINADA.

La educación es el primer paso para prevenir las enfermedades que son transmitidas por la ingesta de agua contaminada. Aunque es importante permanecer hidratado, en especial al realizar actividad física, debe reponerse solo la cantidad de agua que se pierde mediante la transpiración. Las recomendaciones son las siguientes:

- Principalmente, llevar a cabo los correctos procedimientos de potabilización del agua, estos se describen más adelante.
- Hervir o clorar toda el agua potable.
- Ingerir solo agua potable y/o purificada, así como hacer uso de la misma para la elaboración y preparación de alimentos.
- Lavarse las manos antes de preparar los alimentos, antes de comer y después de ir al baño.

- Los recipientes que contienen el agua destinada a consumo humano, ya sea para beber, preparar alimentos o con usos de fines recreativos, deben estar previamente desinfectados y/o esterilizados, así como cubiertos, con tapas limpias, para evitar cualquier tipo de contaminación ya sea de tipo ambiental o por uso inadecuado de los recipientes e instalaciones donde se contenga el agua.
- No ingerir productos cárnicos a los que les haya faltado cocción y sobre todo si estos provienen de fuentes de agua contaminadas, así como no ingerir verduras o frutas crudas que hayan sido cultivadas y regadas con aguas contaminadas y residuales, sin antes desinfectarlos debidamente.

3.9. PROCESOS DE POTABILIZACIÓN Y/O PURIFICACIÓN DEL AGUA.

El agua es sometida a una serie de procesos tanto químicos como físicos para lograr su inocuidad, los cuales se explican a continuación:

- **Cloración:** puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, y mediante generadores de cloro in situ. El gas cloro licuado se suministra comprimido en recipientes a presión. Un clorador extrae el gas del cilindro y lo añade al agua de forma dosificada, simultáneamente controlando y midiendo el caudal del gas. La solución de hipoclorito sódico se dosifica mediante una bomba dosificadora eléctrica de desplazamiento positivo o mediante un sistema de suministro por gravedad. El hipoclorito cálcico debe disolverse en una porción de agua y luego mezclarse con el caudal principal. El cloro, ya sea en forma de gas cloro de un cilindro, de hipoclorito sódico o hipoclorito cálcico, se disuelve en el agua y forma un ion hipoclorito (OCl^-) y ácido hipocloroso (HOCl) (Organización Mundial de la Salud, 2006). Existen diversas técnicas de cloración:

Cloración a dosis crítica: es un método en el que se aplica una dosis de cloro suficiente para oxidar rápidamente todo el nitrógeno amónico presente en el agua y dejar una

concentración adecuada de cloro libre residual para proteger el agua de la recontaminación entre el punto de cloración y el punto de consumo.

Supercloración-descloración: consiste en añadir una dosis grande de cloro para lograr una reacción química y desinfección rápidas, seguida de una reducción del exceso de cloro libre residual. Es importante eliminar el exceso de cloro para evitar problemas organolépticos.

Cloración marginal: se utiliza en los sistemas de abastecimiento de agua de calidad alta y consiste simplemente en añadir una dosis de cloro que genere la concentración deseada de cloro libre residual.

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. No obstante, el cloro actúa también como oxidante y puede eliminar o ayudar a eliminar algunas sustancias químicas, por ejemplo, plaguicidas como el aldicarb y especies disueltas como el manganeso. El porcentaje permisible de cloración determinado para el agua que es destinada a consumo humano, según la 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" es de 250 mg/L.

Un inconveniente del cloro es su capacidad de reaccionar con materia orgánica natural y producir trihalometanos, pero la formación de estos subproductos puede controlarse optimizando el sistema de tratamiento.

- Ozonización: el ozono es un oxidante potente y posee múltiples usos en el tratamiento del agua, incluida la oxidación de sustancias orgánicas. El ozono gaseoso (O_3) se forma haciendo pasar aire seco u oxígeno a través de un campo eléctrico de tensión alta. El aire enriquecido en ozono obtenido se añade directamente al agua mediante difusores porosos en la base de torres de contacto. El objetivo de la ozonización es lograr la concentración deseada tras un tiempo de contacto determinado. Para la oxidación de algunas sustancias orgánicas, como algunos plaguicidas oxidables, suele aplicarse una concentración residual de unos 0.5 mg/L, tras un tiempo de contacto de hasta 20 minutos. Las dosis necesarias para lograrlo varían en función del tipo de agua,

pero suelen ser de 2 a 5 mg/L. Para evitar la proliferación no deseable de bacterias durante la distribución, la ozonización se complementa normalmente con un tratamiento posterior, como la filtración o tratamiento con carbón activado granular, para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables, seguido de la aplicación de una concentración residual de cloro, ya que el ozono no produce un efecto desinfectante residual (Organización Mundial de la Salud, 2006).

- Radiación ultravioleta (UV): se utiliza principalmente para el tratamiento de agua potable pero se ha restringido normalmente a instalaciones pequeñas. La radiación UV es emitida por una lámpara de arco de mercurio de baja presión, que tiene actividad biocida a longitudes de onda de 180 a 320 nm. Puede utilizarse para inactivar protozoos, bacterias, bacteriófagos, levaduras, virus, hongos y algas. La turbidez del agua puede inhibir su desinfección mediante radiación UV. La radiación UV, cuando se aplica junto con el ozono, puede ejercer una potente acción catalizadora de reacciones de oxidación (Organización Mundial de la Salud., 2006).
- Filtración: las partículas pueden separarse de las aguas brutas mediante distintos tipos de filtración (Organización Mundial de la Salud., 2006)

Filtración rápida por gravedad: habitualmente son depósitos rectangulares abiertos que contienen arena de sílice. El agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente descolmatando el filtro mediante inyección (contracorriente) de agua tratada. En ocasiones la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse. Estos filtros suelen utilizarse para eliminar flóculos de aguas coaguladas, así como para reducir la turbidez y los óxidos de hierro y manganeso de las aguas brutas.

Perifiltros: se utilizan para tratar aguas de turbidez alta. Su principal ventaja es que, al pasar el agua por el filtro, se eliminan partículas mediante sedimentación por gravedad.

Filtración a presión: se utiliza a veces cuando es necesario mantener una carga de presión para evitar la necesidad de impulsar el agua al sistema mediante bombeo. El

lecho de filtración se encierra en una carcasa cilíndrica. Pueden fabricarse filtros a presión pequeños, capaces de tratar hasta unos 15 m³/h.

- **Aeración:** Este tipo de proceso está diseñado para retirar los gases y compuestos volátiles mediante arrastre con aire. La transferencia de oxígeno puede efectuarse habitualmente mediante una simple cascada o por difusión de aire al agua, sin necesidad de equipos complejos.

No obstante, para el arrastre de gases o compuestos volátiles puede ser necesaria una planta especializada que proporcione una transferencia de masa alta de la fase líquida a la fase gaseosa (Organización Mundial de la Salud., 2006).

- **Coagulación química:** es el método más común en el tratamiento de aguas superficiales y casi siempre se basa en los siguientes procesos unitarios: se añaden al agua bruta coagulantes químicos, habitualmente sales de aluminio o de hierro, en condiciones controladas para formar un hidróxido metálico floculento sólido. Las dosis habituales de coagulante son de 2 a 5 mg/L para las sales de aluminio y de 4 a 10 mg/L para las sales de hierro. El flóculo precipitado retira los contaminantes suspendidos y disueltos en el agua mediante mecanismos de neutralización de carga, adsorción y atrapamiento. La eficiencia del proceso de coagulación es función de la calidad del agua bruta, del coagulante o aditivos de coagulación utilizados y de factores operativos como las condiciones de mezclado, la dosis de coagulación y el pH. El flóculo se retira del agua tratada mediante procesos posteriores de separación de sólidos y líquidos como la sedimentación o flotación, la filtración rápida por gravedad o a presión, o una combinación de métodos (Organización Mundial de la Salud., 2006).
- **Adsorción sobre carbón activado:** El carbón activado se produce mediante calentamiento controlado de material carbonoso, normalmente madera, carbón, cáscaras de coco o turba. Esta activación produce un material poroso con una gran superficie específica (de 500 a 1500 m²/g) y una afinidad alta por los compuestos orgánicos. Se utiliza normalmente en polvo (CAP) o en forma granular (CAG). Cuando se agota la capacidad de adsorción del carbón activado, puede reactivarse de forma controlada las sustancias orgánicas adheridas. No

obstante el CAP y parte del CAG se utilizan normalmente una sola vez y se desechan. Existen diferentes tipos de carbón activado con afinidades diferentes para diversos tipos de contaminantes. La elección entre el CAP y el CAG dependerá de la frecuencia de uso y de la dosis que se necesite. Se preferirá generalmente el CAP si la contaminación es estacional o intermitente, o si se necesitan dosis bajas. El CAP se añade al agua en forma de pasta y se separa en tratamientos posteriores junto con los lodos generados en los mismos. Por consiguiente, su uso se limita a las instalaciones de tratamiento de aguas superficiales que cuentan con filtros. El uso de CAG en adsorbedores de lecho fijo es mucho más eficiente que el de CAP añadido al agua, y la cantidad efectiva de carbón utilizada por volumen de agua tratado sería mucho menor que la dosis de CAP necesaria para lograr la misma reducción de la concentración de contaminantes. El CAG se utiliza para eliminar sabores y olores. Se utiliza normalmente en lechos fijos, ya sea en adsorbedores diseñados específicamente para la eliminación de sustancias químicas en torres de filtración existentes en las que se sustituye la arena por CAG con un tamaño de partículas similar.

El carbón activado se utiliza para eliminar del agua plaguicidas y otras sustancias orgánicas, compuestos que producen sabores y olores, cianotoxinas y carbono orgánico total (Organización Mundial de la Salud., 2006).

- Intercambio de iones: El intercambio de iones es un proceso en el que se permutan iones con la misma carga entre la fase acuosa y una fase sólida de resina. La dureza del agua se reduce mediante intercambio de cationes. El agua se hace pasar por un lecho de resina catiónica en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de sodio. Cuando la resina de intercambio iónico está agotada (es decir, se han agotado los iones de sodio), se regenera mediante una solución de cloruro sódico. También se puede ablandar el agua mediante el proceso de “desalcalinización”. El agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente ácida en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrógeno. Los iones de hidrógeno reaccionan con los iones carbonato y bicarbonato y generan dióxido de carbono,

reduciéndose así la dureza del agua sin aumentar su contenido de sodio. El intercambio de aniones puede utilizarse para eliminar contaminantes como los iones nitrato, que se intercambian por iones cloruro mediante resinas específicas para nitrato. El intercambio de cationes puede utilizarse para eliminar determinados metales pesados, iones de NO_3 , As y Se (Organización Mundial de la Salud., 2006).

- Procesos de membrana: Los procesos de membrana más importantes en el tratamiento del agua son la ósmosis inversa, la ultrafiltración, la microfiltración y la nanofiltración. Estos procesos se han aplicado tradicionalmente a la producción de agua para aplicaciones industriales o farmacéuticas, pero están aplicándose ahora al tratamiento de agua de consumo (Organización Mundial de la Salud., 2006).

Existen distintos tipos de procesos de membrana, entre los cuales se encuentran:

Ósmosis inversa: se conoce como ósmosis al proceso de separación de 2 soluciones mediante una membrana semipermeable (es decir, una membrana que permite el paso del disolvente pero no del soluto), el disolvente pasará de forma natural de la solución de concentración menor a la de concentración mayor. no obstante, es posible forzar el flujo de disolvente en la dirección contraria, de la solución de concentración mayor a la de concentración menor, aumentando la presión sobre la solución de concentración mayor, el diferencial de presión necesario se conoce por presión osmótica. este proceso se aplica generalmente para la desalinización de agua salubre y de agua de mar.

Nanofiltración: se utilizan membranas con propiedades intermedias entre las de ósmosis inversa y las de ultrafiltración, con tamaños de poro típicos de 0,001 a 0,01 μm . Las membranas de nanofiltración permiten el paso de iones monovalentes como los de sodio o potasio, pero rechazan una proporción alta de iones divalentes, como los de calcio y magnesio, y las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que 200. Las presiones de trabajo típicas son de alrededor de 5 bar. La nanofiltración puede eliminar eficazmente compuestos orgánicos y con color.

Ultrafiltración: el principio de este procedimiento es similar al de la ósmosis inversa, pero los tamaños de poro de las membranas son mucho mayores (de 0.002 a 0.03 μm) y funcionan a presiones menores. Las membranas de ultrafiltración rechazan las moléculas orgánicas de peso molecular mayor que alrededor de 800 y las presiones de trabajo suelen ser menores que 5 bar.

Microfiltración: es una extensión directa de la filtración convencional hasta tamaños menores que 1 μm . Los tamaños de poro típicos de las membranas de microfiltración son de 0,01 a 12 μm y no retienen moléculas, pero sí los materiales coloidales y suspendidos; se utilizan presiones de trabajo de 1 a 2 bar. La microfiltración permite separar partículas de tamaño mayor que 0,05 μm . Se ha utilizado para el tratamiento del agua, en combinación con la coagulación o el CAP, para eliminar carbono orgánico disuelto y para mejorar el flujo de permeato.

Los antes mencionados, son los principales tipos de tratamiento que se le dan al agua potable para que pueda ser destinada al consumo humano y ser entonces llamada agua purificada.

Ahora continuación, se muestra la imagen del proceso de purificación que se le da en particular al establecimiento de autoservicio de agua purificada "Water Zone", ubicado en la colonia Ventura Puente, en la calle lago de Chapala #211 de la ciudad de Morelia Michoacán, el cual fue objeto de análisis de este trabajo de investigación.



ILUSTRACIÓN 2. PROCESOS DE PURIFICACIÓN DEL AGUA DE LA EMPRESA WATER ZONE.

Fuente: Establecimiento ubicado en la colonia Ventura Puente, calle Lago de Chapala #211 de la ciudad de Morelia Michoacán, México.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Algunos de los mayores problemas que actualmente enfrenta la humanidad, aunque no todos; son la escases y poca calidad del agua. Se sabe que en el 2015 el 91% de la población mundial tenía acceso a una fuente mejorada de agua potable, en la actualidad cerca de 4200 millones de personas no tienen acceso a agua de calidad. Debido a esto, hoy se sabe que cerca de 1800 millones de personas se abastecen de fuentes de agua no confiables, a menudo, contaminada por heces, lo cual repercute en un grave problema a la salud humana, ya que es fuente de transmisión de enfermedades tales como diarrea, cólera, disentería, fiebre tifoidea, poliomielitis, entre otras. Se calcula que para el año 2025 la mitad de la población mundial vivirá en zonas con escasez de agua. En base a esto, uno de los objetivos de esta tesis es realizar un análisis microbiológico del espacio donde se despacha el agua purificada, es decir de los despachadores automáticos, específicamente del ubicado en la calle Lago de Chapala #211 de la colonia Ventura Puente en la ciudad de Morelia Michoacán, para corroborar la presencia de agentes etiológicos (en especial de enterobacterias y bacterias coliformes) que puedan ser perjudiciales para la salud del consumidor, y así mismo, de ser comprobada su presencia en dicho espacio, ofrecer recomendaciones a los propietarios de los establecimientos, acerca de los procesos de desinfección que pueden utilizar para mejorar la calidad del servicio que se proporciona.

5. JUSTIFICACIÓN.

Es importante para la población y por ende para su salud, contar con agua salubre y de fácil acceso, ya sea que se utilice para beber, para uso doméstico o con fines recreativos. Actualmente nuestro país, sufre una de las peores crisis económicas en su historia; por lo cual la economía de las familias mexicanas se ve gravemente afectada pues el salario mínimo que se recibe no es suficiente para abastecer todas las necesidades de las familias mexicanas; por ende, muchas personas no cuentan con la accesibilidad física ni económica para consumir agua de calidad. Es por esto que la mayoría de los consumidores buscan solventar sus necesidades consumiendo los productos de menor precio en el mercado. Sin embargo; la mayoría de las personas suele pensar que “lo barato sale caro”, precisamente por este motivo se lleva a cabo esta investigación, con el fin de evaluar la sanidad de uno de los espacios físicos donde se encuentran los despachadores automáticos de agua purificada de la colonia Ventura Puente en la ciudad de Morelia Michoacán.

Este tipo de establecimientos ha causado impacto o buena respuesta por parte del consumidor, ya que ahora muchas personas hacen uso de ellos, en lugar de consumir el agua de empresas y marcas ya reconocidas tales como ciel, e-pura, bonafont, santorini, entre otras; esto debido a la enorme diferencia en los precios. El interés para llevar a cabo esta investigación es para saber si este tipo de establecimientos son seguros y si realmente ofrecen un producto de calidad al consumidor, como cualquier otra empresa de las ya reconocidas nacional y municipalmente. Y a su vez, verificar que estos establecimientos cumplan con las normas oficiales mexicanas (NOM) y/o Normas Mexicanas (NMX) establecidas para su correcto funcionamiento, es decir que sea apto para el consumo humano sin que genere un riesgo a la salud, en base al cumplimiento de las siguientes normas:

- NOM-112-SSA1-1994: Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- 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.

- NOM-012-SSA1-1993: Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.
- 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.

6. HIPÓTESIS.

Se sospecha de la presencia de enterobacterias y bacterias coliformes en el sistema de autoservicio de agua purificada “Water Zone”, debido a la falta de sanidad adecuada que recibe el mismo y/o bien por contaminación ambiental y mal uso de las instalaciones por parte del consumidor.

7. OBJETIVOS.

Objetivo general:

Verificar la presencia de agentes etiológicos (principalmente enterobacterias y bacterias coliformes) causantes de enfermedad, en el espacio físico de dispensación de agua de un despachador automático ubicado en la colonia Ventura Puente de Morelia Michoacán.

7.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Realizar la búsqueda de microorganismos tales como coliformes totales y/o fecales en la boquilla de dispensación del despachador automático de agua purificada.

Confirmar la posible contaminación microbiológica a causa del mal uso de las instalaciones por parte de los consumidores.

Garantizar la sanidad del establecimiento y sus instalaciones mediante el análisis microbiológico del mismo.

8. MATERIALES.

Equipo y material: incubadora, autoclave, balanza granataria, espátulas, mechero Bunsen, gradillas, matraz Erlenmeyer de 250 y 500 ml, vasos de precipitados de 250 y 500 ml, tubos de ensaye de vidrio con tapón de rosca, asas bacteriológicas, cajas de Petri, algodón, gasas, pipetas bacteriológicas, hojas de papel, cinta adhesiva.

Medios de cultivo y reactivos: agar nutritivo (GN), agar eosina azul de metileno (EMB), agar bilis verde brillante (ABVB), agar MacConkey (McCy), agar papa dextrosa (APD), agar soya tripticasa (AST), batería de pruebas bioquímicas: agar hierro triple azúcar (TSI), agar lisina hierro (LIA), agar citrato de Simmons, agar movilidad, indol, ornitina (MIO), agar fenilalanina (FA), caldo malonato, caldo rojo de metilo-Voges Proskauer (RM-VP) y caldo urea, agua destilada, fosfato monopotásico, cloruro de sodio (NaCl), Hidróxido de sodio, reactivo de Kovac, indicador rojo de metilo, solución salina y cloruro férrico.

9. METODOLOGÍA.

Esta investigación se realizó en el laboratorio de microbiología “QBP. Alicia Gómez Reyes” de la facultad de Químico Farmacobiología dependiente de la máxima casa de estudios Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. El análisis realizado fue de carácter cualitativo, de incidencia y experimental, basado en un muestreo sistemático de 4 sesiones, para lo cual se acudió a un sitio específico en la colonia Ventura Puente de la ciudad de Morelia Michoacán, el autoservicio de agua purificada “Water Zone”, ubicado en la calle Lago de Chapala #211. La elección de este establecimiento se basa principalmente sobre las condiciones de sanidad en las que se encontró el mismo, así como en que se encuentra ubicado en una de las colonias más pobladas de la ciudad y en donde este tipo de establecimientos generan mucha demanda. Los pasos a seguir para la realización del experimento de esta investigación fueron: preparación de medios de cultivo y baterías de pruebas bioquímicas para aislamiento e identificación de microorganismos, preparación de solución salina

fisiológica 0.85%, esterilización de los mismos bajo condiciones de 121°C/1atm/15min, toma de muestra en el lugar objeto de estudio, inoculación de las muestras obtenidas en los diferentes medios de cultivo, incubación de los mismos e identificación de los microorganismo obtenidos mediante la verificación de su morfología colonial y lectura de sus correspondientes pruebas bioquímicas a las 24 horas (en algunos casos a las 48 h, debido a falta de desarrollo bacteriano). Al finalizar cada etapa de la parte experimental, se llevó a cabo la correspondiente esterilización del material utilizado como parte de las medidas de bioseguridad.

Primera sesión.

Para esto, se acudió al laboratorio de Microbiología de la facultad de Químico Farmacobiología, un día antes de realizar la toma de muestras en el establecimiento antes mencionado. De cada medio se pesó determinados gramos para hacer una preparación en 100 ml de agua destilada. También se preparó solución salina fisiológica 0.85% con la finalidad de utilizarla como medio de transporte. Los medios elaborados fueron:

GN: 3.1 g	TSI: 6.25 g	Malonato: 2.75 g
EMB: 3.6 g	LIA: 3.5 g	RM-VP: 1.7 g
McCoy: 5 g	MIO: 3.1 g	Urea: 3.87g
ABVB: 5.8 g	Citrato: 2.42 g	NaCl: 1 g
APD: 3.9 g	FA: 2.3 g	AST: 4 g



ILUSTRACIÓN 3. ELABORACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, BATERÍA DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS Y SOLUCIÓN SALINA FISIOLÓGICA AL 0.85% LAS IMÁGENES MUESTRAN: (I) AGAR MACCONKEY, (C) AGAR NUTRITIVO Y (D) AGAR SOYA TRIPTICASA.

Una vez realizado el pesaje de cada medio de cultivo, se diluyó cada muestra en agua destilada (100 ml), y posteriormente se aplicó un ligero calentamiento para disolver los grumos flotantes.

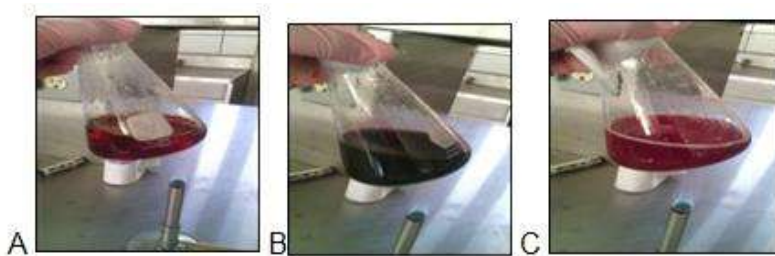


ILUSTRACIÓN 4. LAS IMÁGENES MUESTRAN: (A) AGAR SOYA TRIPTICASA, (B) AGAR EOSINA AZUL DE METILENO Y (C) AGAR MACCONKEY.

Posteriormente, se realizó la esterilización de los medios de cultivo, en autoclave bajo condiciones normales de 121°C/1 atm/15 min, para evitar así la contaminación de los mismos.



ILUSTRACIÓN 5. ESTERILIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE CULTIVO.

Al terminar el proceso de esterilización, los medios de cultivo fueron atemperados, para posteriormente pasar a las cajas de Petri y tubos de ensaye correspondientes, y se refrigeraron para su conservación y posterior utilización.

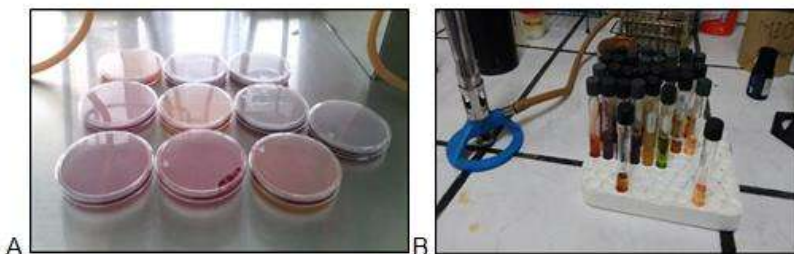


ILUSTRACIÓN 6. LA IMAGEN A REPRESENTA LOS MEDIOS DE CULTIVO PREPARADOS Y LA IMAGEN B LAS BATERÍAS DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS PREPARADAS.

Segunda sesión.

Una vez elaborado el material a utilizar, al día siguiente, se acudió al establecimiento denominado “Water Zone” ubicado en la calle Lago de Chapala #211 de la colonia Ventura Puente de la ciudad de Morelia Michoacán para realizar la correspondiente toma de muestras del dispensador automático de agua.

Ilustración 6: Se obtuvieron 4 muestras representativas las cuales corresponden a la boquilla, parte derecha e izquierda, así como la zona de descarga de dicho dispensador (ilustración 8) para ser inoculadas en los distintos medios de cultivo, luego incubarlas bajo condiciones de 37°C/24 h; y posteriormente realizar su análisis microbiológico.



Áreas del despachador automático:

- 1) Boquilla.
- 2) Zona de descarga.
- 3) Extremo derecho.
- 4) Extremo izquierdo.

ILUSTRACIÓN 7. DESPACHADOR AUTOMÁTICO DE AGUA.

Toma de muestras en las distintas áreas del despachador automático.



ILUSTRACIÓN 8. (A) BOQUILLA, ZONA DE DESCARGA (B) Y EXTREMOS INFERIORES (C).

Inoculación de las muestras obtenidas a los distintos medios de cultivo.



ILUSTRACIÓN 9. INOCULACIÓN EN MEDIOS DE CULTIVO NUTRITIVO, EOSINA AZUL DE METILENO Y SOYA TRIPTICASA.

Período de incubación de los distintos medios de cultivo inoculados, bajo condiciones de 37°C/24-48 horas.



ILUSTRACIÓN 10. PERÍODO DE INCUBACIÓN.

Ocurrido el tiempo de incubación, se realizó el reporte de los microorganismos desarrollados en los medios de cultivo. La descripción del desarrollo obtenido se muestra en la tabla 8, en la sección de resultados de este trabajo. Mientras tanto, a

continuación se muestran las fotografías donde se observa el desarrollo bacteriano obtenido en los medios de cultivo nutritivo, MacConkey y agar soya Tripticasa.



ILUSTRACIÓN 11. MICROORGANISMOS DESARROLLADOS EN AGAR NUTRITIVO.

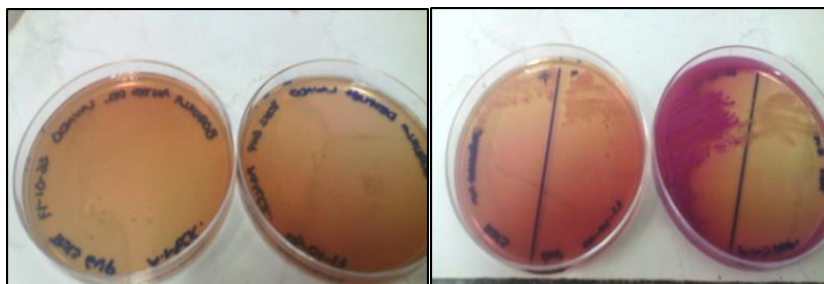


ILUSTRACIÓN 12. MICROORGANISMOS DESARROLLADOS EN AGAR MACCONKEY.



ILUSTRACIÓN 13. MICROORGANISMOS DESARROLLADOS EN AGAR SOYA TRIPTICASA.

Tercera sesión.

Una vez que se obtuvo los resultados anteriores, se realizó una segunda toma de muestra, para lo cual se acudió de nuevo al establecimiento antes mencionado. Teniendo como prioridad esta vez, la parte de la boquilla, ya que es la que se encuentra en contacto directo con el agua que es el producto que se consume. Los medios de cultivo utilizados para esta parte experimental son EMB, McCy, ABVB y APD. Las

fotografías del crecimiento obtenido se muestran a continuación, y la descripción de las mismas se encuentra en la sección de resultados de este trabajo en la tabla 9.

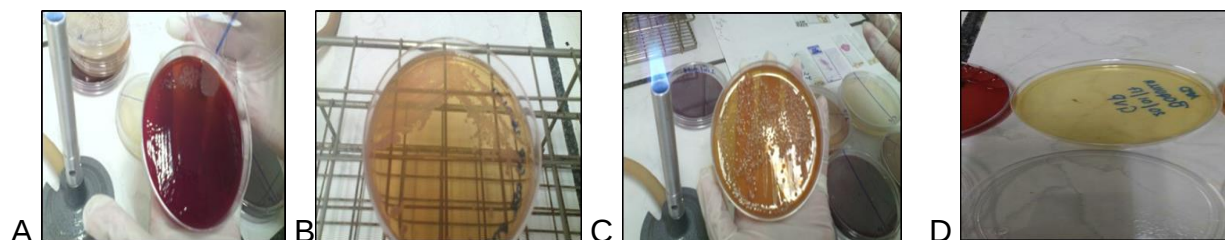


ILUSTRACIÓN 14. LA IMAGEN A REPRESENTA EL MEDIO EOSINA AZUL DE METILENO, B AGAR MACCONKEY, C AGAR SOYA TRIPTICASA Y D AGAR NUTRITIVO.

Cuarta sesión:

Después de obtenidos estos resultados, se realizó una siembra más en placas de agar MacConkey, de las 4 áreas del despachador mencionadas anteriormente, pero haciendo principal enfoque una vez más en la boquilla del mismo, esto debido a que en la última visita realizada al establecimiento, éste se encontró en condiciones bastante antihigiénicas, por lo que fue necesario hacer una nueva toma de muestra, cabe mencionar que de la parte de la boquilla, ésta vez se obtuvieron 2 muestras; la primera se tomó directamente y para la obtención de la segunda se realizó un previo enjuague, es decir, se activó el despachador para permitir la salida de agua, con la finalidad de que al hacer la inoculación y reportar el crecimiento obtenido, confirmar si las bacterias presentes son las mismas o si de alguna manera al permitir ese lavado disminuiría la carga bacteriana. También de la parte inferior o zona de descarga del despachador se obtuvieron 4 muestras, cada una correspondiente a cada esquina de esa área, esto debido a que esa zona en particular carecía de inocuidad. Enseguida, se muestran las fotografías de lo anteriormente descrito, y la descripción del desarrollo obtenido se muestra en la tabla 10 en la sección de resultados de este trabajo.



ILUSTRACIÓN 15. MUESTRAS OBTENIDAS A PARTIR DE LA BOQUILLA DEL DESPACHADOR EN SOLUCIÓN SALINA FISIOLÓGICA AL 0.85%.

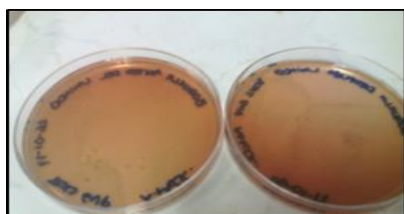


ILUSTRACIÓN 16. SIEMBRA DE LAS MUESTRAS CORRESPONDIENTES AL ÁREA DE LA BOQUILLA.

Muestras inoculadas en agar macconkey: Siembra de las muestras correspondientes a los diferentes extremos de la zona de descarga del despachador automático de agua purificada.

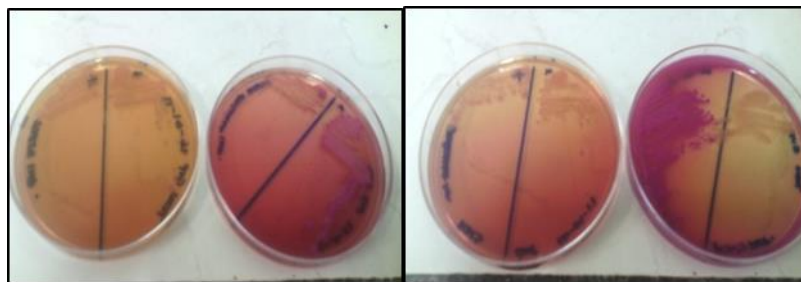


ILUSTRACIÓN 17. MUESTRAS SEMBRADAS EN AGAR MACCONKEY.

Una vez que se realizó la identificación morfológica, se procedió a inocular las colonias aisladas en las baterías de pruebas bioquímicas para llevar a cabo la correcta identificación de los microorganismos en base a sus características metabólicas. A continuación se muestran las fotografías correspondientes a la inoculación, después se incubo las baterías de pruebas bioquímicas bajo condiciones de 37°C y se realizó la lectura de las mismas para su identificación en un lapso de 24 h, los resultados correspondientes a esta parte experimental se encuentra en la tabla 11 de la sección de resultados de este trabajo, así como las fotografías correspondientes a las reacciones obtenidas en las baterías de pruebas bioquímicas, lo cual corresponde a los resultados finales de esta investigación.

Inoculación de las colonias aisladas.

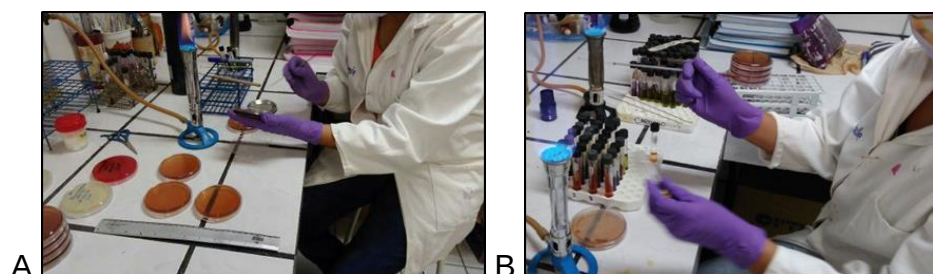


ILUSTRACIÓN 18. A REPRESENTA LA INOCULACIÓN A LAS PLACAS DE AGAR MACCONKEY Y LA IMAGEN B REPRESENTA LA INOCULACIÓN A LAS BATERÍAS DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS.

10. RESULTADOS.

TABLA 8. DESARROLLO BACTERIANO OBTENIDO A PARTIR DE LA PRIMERA SIEMBRA.

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL DESARROLLO BACTERIANO OBTENIDO A PARTIR DE LA PRIMERA SIEMBRA EN LOS MEDIOS DE CULTIVO GN, MacConkey y AST.	
Agar:	Descripción de la morfología colonial del desarrollo obtenido:
GN	Placa 1 (boquilla): colonias de forma circular, color blanquecino, aspecto húmedo y superficie elevada. Placa 2 (zona de descarga): colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y superficie elevada. Placa 3 (dividida en 2, parte derecha e izquierda del despachador): Extremo izquierdo: colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y superficie elevada. Extremo derecho: colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y superficie elevada.
MacConkey	Placa 1 (boquilla): ligero crecimiento de pequeñas colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y superficie elevada. Placa 2 (zona de descarga): escaso crecimiento de pequeñas colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo, superficie elevada, con ligero viraje en el pH del medio. Placa 3 (dividida en 2, parte derecha e izquierda del despachador): Extremo izquierdo: pequeñas colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo, viraje en el pH del medio y de superficie elevada. Extremo derecho: sin crecimiento.
AST	Placa 1 (boquilla): pequeñas colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y de superficie elevada. Placa 2 (zona de descarga): colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y superficie elevada. Placa 3 (dividida en 2, parte derecha e izquierda del despachador): Extremo izquierdo: colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y de superficie elevada. Extremo derecho: colonias de forma circular, color transparente, aspecto húmedo y de superficie elevada.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 9. DESARROLLO BACTERIANO OBTENIDO A PARTIR DE LA SEGUNDA SIEMBRA.

REPORTE DEL CRECIMIENTO OBTENIDO A PARTIR DE LA SEGUNDA SIEMBRA.	
Agar:	Descripción de la morfología colonial del desarrollo obtenido:
EMB	Placa 1 (boquilla): desarrollo de pequeñas colonias circulares, de color café claro, aspecto húmedo y superficie elevada.
MacConkey	Placa 2 (boquilla): desarrollo de pequeñas colonias de forma circular, color blanquecino, aspecto húmedo y de superficie elevada.
ABVB	Placa 3 (boquilla): desarrollo de pequeñas colonias de forma circular, color blanquecino, aspecto húmedo y superficie elevada.
APD	Placa 4 (boquilla): No hubo desarrollo.

Fuente: elaboración propia.

TABLA 10. DESARROLLO BACTERIANO OBTENIDO A PARTIR DE LA TERCERA SIEMBRA

DESCRIPCION MORFOLOGICA DEL DESARROLLO BACTERIANO OBTENIDO A PARTIR DE LA TERCERA SIEMBRA.	
Área del despachador analizada:	Descripción de la morfología colonial del desarrollo obtenido:
Boquilla.	Placa 1 (antes del lavado): desarrollo de colonias circulares, de color café claro, aspecto húmedo, superficie elevada, sin presencia de pigmento ni viraje en el pH del medio. Placa 2 (después del lavado): escaso desarrollo de colonias de forma circular, color café claro, aspecto húmedo, superficie elevada, sin presencia de pigmento ni viraje en el pH del medio.
Extremo superior.	Placa 1: ligero desarrollo de colonias de forma circular, de color rosa, aspecto húmedo, superficie elevada. (El desarrollo se presentó solamente en la zona de descarga en la placa). Placa 2: ligero desarrollo de colonias de forma circular, de color rosa, aspecto húmedo, superficie elevada. (El desarrollo se presentó solamente en la zona de descarga en la placa).
Zona de descarga o	Placa 1: desarrollo de colonias de forma circular, de color rosa, aspecto

extremo inferior.	húmedo, superficie elevada, viraje de pH en el medio y presencia de pigmento. Placa 2: desarrollo de colonias de forma circular, color amarillo claro, aspecto húmedo, superficie elevada, sin presencia de pigmento. Placa 3: desarrollo de pequeñas colonias de forma circular, color amarillo rosado, aspecto húmedo, superficie elevada, presencia de pigmento y sin viraje en el pH del medio. Placa 4: desarrollo de pequeñas colonias de forma circular, color amarillo rosado, aspecto húmedo, superficie elevada, presencia de pigmento y sin viraje en el pH del medio.
-------------------	---

Fuente: elaboración propia.

Nota: Todas las tablas de resultados anteriores son referidas en la parte metodológica de esta investigación. Así como también se hizo referencia a las fotografías de reacciones correspondientes a las baterías de pruebas bioquímicas y una tabla de resultados final donde se muestran los resultados bioquímicos obtenidos a partir de las mismas, los cuales se muestran a continuación:

Se incluyen 2 fotografías (A y B), ya que ambas pertenecen al área de la boquilla del despachador automático de agua, como se mencionó antes una corresponde a la boquilla sin permitir el lavado (A) y la otra corresponde a la boquilla después de permitir el lavado (B), estos resultados fueron obtenidos tras someter las baterías a 24 horas de incubación bajo condiciones de 37° C.

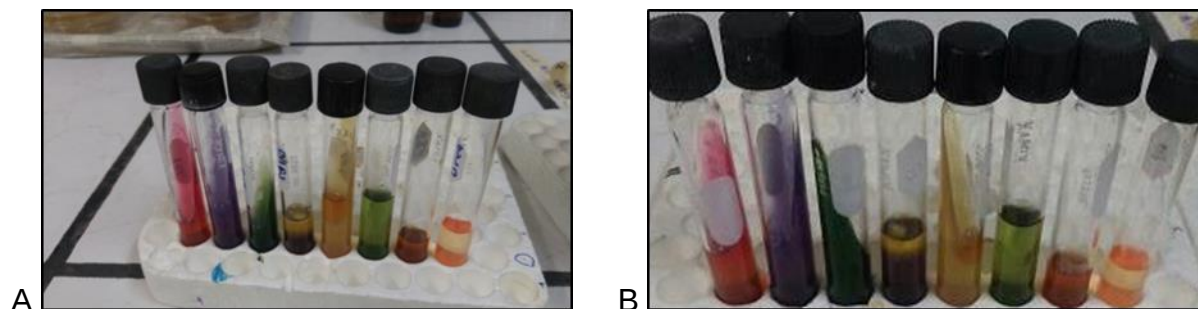


ILUSTRACIÓN 19. A REPRESENTA LA BATERÍA DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS CUYAS REACCIONES SON INDICATIVAS DEL MICROORGANISMO *KLEBSIELLA TERRÍGENA* AL IGUAL QUE LA IMAGEN B, EL CUAL PERTENECE A LA FAMILIA *ENTEROBACTERIACEAE*.

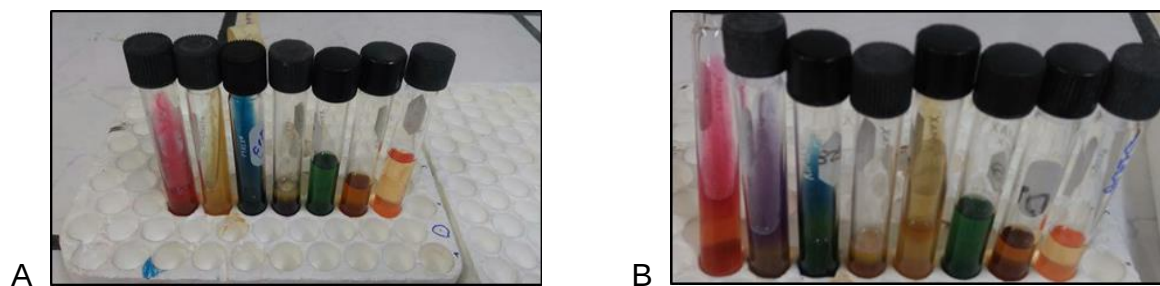


ILUSTRACIÓN 20. (A Y B), LAS CUALES CORRESPONDEN AL EXTREMO SUPERIOR DERECHO DEL DESPACHADOR (A) Y AL EXTREMO SUPERIOR IZQUIERDO DEL MISMO (B).

La imagen A representa la batería de pruebas bioquímicas cuyas reacciones son indicativas del microorganismo *Enterobacter aerogenes*, al igual que la imagen B, microorganismo perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*.

Se incluyen 2 fotografías (A y B), las cuales corresponden a muestras tomadas del extremo inferior derecho (A) y extremo inferior izquierdo (B) del despachador automático de agua.

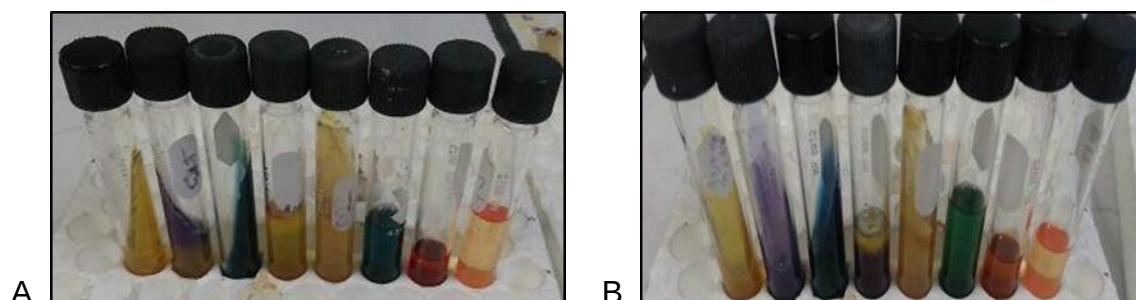


ILUSTRACIÓN 21. BATERIAS BIOQUIMICAS OBTENIDAS DE LAS MUESTRAS PROVENIENTES DE LOS EXTREMOS INFERIOR IZQUIERDO Y DERECHO DEL DESPACHADOR AUTOMÁTICO

La imagen A representa la batería de pruebas bioquímicas cuyas reacciones son indicativas del microorganismo *Enterobacter gergoviae*, y la imagen B corresponde al microorganismo *Klebsiella pneumoniae*, ambos microorganismo pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*.

Se incluyen 2 fotografías (A y B), las cuales corresponden al área de descarga del despachador automático de agua, extremo derecho (A) y extremo izquierdo (B).

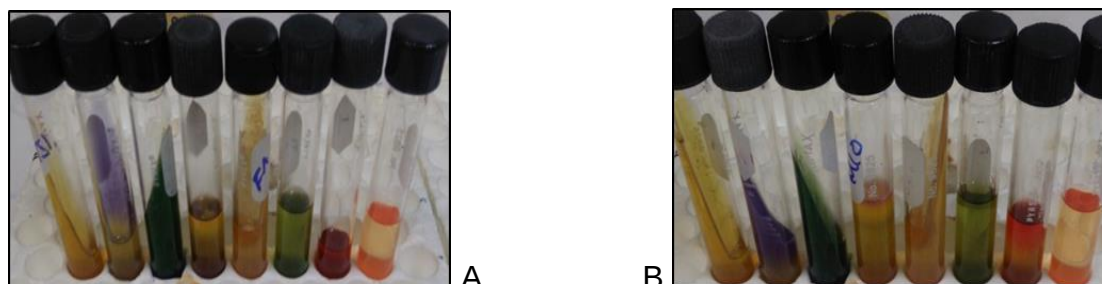


ILUSTRACIÓN 22. BATERIAS DE PRUEBAS BIOQUIMICAS PROVENIENTES DE LA ZONA DE DESCARGA DEL DESPACHADOR

La imagen A representa el área del extremo izquierdo de la zona de descarga del despachador, cuyas reacciones son indicativas del microorganismo *Escherichia coli*, perteneciente a la familia *Enterobacteriaceae*. La imagen B corresponde a la batería de pruebas bioquímicas, correspondientes al extremo derecho de la zona de descarga del despachador, cuyas reacciones al igual que la imagen A, son indicativas de *Escherichia coli*.

En la siguiente página, se muestra la tabla correspondiente a las reacciones bioquímicas generadas por cada microorganismo mencionado anteriormente, lo cual se considera los resultados finales para la identificación microbiológica correspondiente a esta investigación.

TABLA 11. IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA DE LOS MICROORGANISMOS A PARTIR DE LAS REACCIONES GENERADAS EN LAS BATERÍAS DE PRUEBAS BIOQUÍMICAS.

IDENTIFICACION MICROBIOLOGICA A PARTIR DE REACCIONES BIOQUIMICAS.									
Batería	TSI	LIA	CIT	MIO	FA	MAL	RM	UREA	Microorganismo
1	K/K	K/K	N	M: N I: N O: P	N	N	P	N	<i>Klebsiella terrigena.</i>
2	K/K	K/K	N	M: N I: N O: P	N	N	P	N	<i>Klebsiella terrigena.</i>
3	A/A	K/A	P	M: P I: N O: P	N	P	P	N	<i>Enterobacter aerogenes.</i>
4	A/A	K/A	P	M: P I: N O: P	N	P	P	N	<i>Enterobacter aerogenes.</i>
5	K/A	K/K	P	M: N I: N O: P	N	P	N	N	<i>Enterobacter gergoviae.</i>
6	A/A	K/K	P	M: N I: N O: N	N	P	P	N	<i>Klebsiella pneumoniae.</i>
7	A/A	K/A	N	M: P I: P O: N	N	N	P	N	<i>Escherichia coli.</i>
8	A/A	K/A	N	M: P I: P O: N	N	N	P	N	<i>Escherichia coli.</i>

Fuente: elaboración propia.

Nota: *Klebsiella terrigena* (resultado de las baterías 1 y 2), al pertenecer a la familia Enterobacteriaceae, en “teoría”, debió originar una fermentación de glucosa y lactosa en el medio TSI, pero de acuerdo a la bibliografía (Koneman & Schereckenberger, 2001), se indica que la positividad de esta especie, específicamente para esta prueba es del 0% después de 2 días de incubación a 36-37°C.

Acrónimos utilizados: K/K (alcalinidad/alcalinidad), A/A (acidez/acidez), K/A (alcalinidad/acidez), N (negativo) y P (positivo).

A continuación se describen los resultados bioquímicos obtenidos en la tabla anterior:

Para prueba TSI:

K/K (pico de flauta rojo/ fondo rojo): este resultado indica una alcalinidad en el medio, lo cual representa que el microorganismo no fermenta ninguno de los azúcares presentes en el medio (lactosa, sacarosa y glucosa). En este caso fue lo ocurrido en las baterías 1 y 2, tampoco hubo producción de dióxido de carbono (CO₂) ni de ácido sulfhídrico (H₂S).

A/A (pico de flauta amarillo/ fondo amarillo): este resultado indica la presencia de acidez en el medio, debido a la fermentación de los azúcares presentes en el mismo por parte del microorganismo, existe una fermentación de lactosa o sacarosa en la parte del pico de flauta y fermentación de la glucosa en el fondo del medio. En este caso fue lo ocurrido en las baterías 3, 4, 6, 7 y 8, en las cuales tampoco hubo producción de CO₂ ni H₂S.

K/A (pico de flauta rojo/ fondo amarillo): este resultado indica la presencia de alcalinidad en el pico de flauta del medio y acidez en el fondo del mismo. Lo cual representa que el microorganismo no fermenta la lactosa o sacarosa pero si la glucosa. En este caso, fue lo ocurrido en la batería 5, en la cual tampoco hubo producción de gases.

Para prueba LIA:

K/K (pico de flauta violeta/ fondo violeta): este resultado indica una alcalinidad en el medio, a su vez que representa que ocurre la descarboxilación de la lisina, puede

ocurrir o no la producción de gases. Este tipo de resultado fue obtenido en las baterías 1, 2, 5 y 6.

K/A (pico de flauta violeta/ fondo amarillo): este resultado indica una alcalinidad en la parte superior del medio y acidez en fondo del mismo, lo cual hace más evidente la fermentación de la glucosa por parte del microorganismo, puede ocurrir o no la producción de gases. Este tipo de resultado ocurrió en las baterías 4, 7 y 8.

K/A (pico de flauta rojo/ fondo amarillo): este resultado indica alcalinidad en la parte superior del medio, pero en lugar de ocurrir la descarboxilación de la lisina, ocurre su desaminación, y en el fondo hay presencia de acidez debido a la fermentación de la glucosa. Puede ocurrir o no la producción de gases. Este resultado fue obtenido en la batería 3.

Para prueba Citrato (CIT):

Positivo: ocurre un viraje en el color del medio de verde a azul marino, esto indica la capacidad del microorganismo de utilizar el citrato como única fuente de carbono, además de que se observa desarrollo bacteriano en la superficie del medio. Este resultado se obtuvo en las baterías 3, 4, 5 y 6.

Negativo: no ocurre viraje de color en el medio, es decir permanece igual que al principio de color verde, tampoco se observa desarrollo bacteriano en el medio, esto como consecuencia de la incapacidad del microorganismo de utilizar la enzima citrato oxidasa como única fuente de carbono. Este resultado se obtuvo en las baterías 1, 2, 7 y 8.

Para prueba MIO:

Movilidad:

Positivo: se detecta por la presencia de turbidez en el medio fuera de la línea de estriado. Este resultado se obtuvo en las baterías 3, 4, 7 y 8.

Negativo: no se detecta presencia de turbidez en el medio, solo se observa crecimiento en la línea de estriado. Este resultado se obtuvo en las baterías 1, 2, 5 y 6.

Indol:

Positivo: ocurre la aparición de un anillo color rojo en la parte superior del medio al agregar el reactivo de Kovac o Erlich, esto indica que la bacteria posee la enzima triptofanasa. Este resultado se obtuvo en las baterías 7 y 8.

Negativo: ocurre la aparición de un anillo de color amarillo en la parte superior del medio al agregar el reactivo de Kovac o Erlich, esto indica que la bacteria no posee la enzima triptofanasa. Este resultado se obtuvo en las baterías 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Ornitina:

Positivo: ocurre cuando hay presencia de la enzima Ornitina descarboxilasa, que desdobla a la ornitina en putrescina, lo cual genera una intensificación del color violeta en el fondo del medio. Este resultado se obtuvo en las baterías 1, 2, 3, 4 y 5.

Negativo: se genera un viraje de color en el fondo del medio, de violeta a amarillo, esto debido a que no hay presencia de la enzima Ornitina descarboxilasa. Este resultado se obtuvo en las baterías 6, 7 y 8.

Para prueba FA:

Positivo: el aminoácido fenilalanina sufre una desaminación oxidativa que es catalizada por la enzima fenilalanina desaminasa (la cual es una flavoproteína) para producir ácido fenilpirúvico, esto ocurre al agregar el reactivo cloruro férrico, con lo cual se visualiza la aparición de un quelato de color verdoso en la parte superior del medio. Este resultado no se obtuvo en ninguna batería.

Negativo: no se visualiza la aparición del quelato verdoso, debido a que no ocurre la desaminación oxidativa de la enzima al agregar el reactivo. Este resultado fue obtenido en todas las baterías.

Para prueba Malonato:

Positivo: ocurre el viraje de color en el medio de verde a azul intenso, debido a que el microorganismo es capaz de utilizar el malonato como única fuente de carbono. Este resultado fue obtenido en las baterías 3, 4, 5 y 6.

Negativo: no hay viraje de color en el medio, debido a que la bacteria no puede utilizar el malonato como única fuente de carbono. Este resultado fue obtenido en las baterías 1, 2, 7 y 8.

Para prueba RM:

Positivo: ocurre la producción de un anillo de color rojo en la superficie del medio al agregar el indicador rojo de metilo, esto indica la capacidad del microorganismo de producir y mantener estables los productos terminales de la fermentación de la glucosa. Este resultado se obtuvo en las baterías 1, 2, 3, 4, 6, 7 y 8.

Negativo: ocurre la producción de un anillo de color amarillo en la superficie del medio al agregar el indicador rojo de metilo, esto indica la incapacidad del microorganismo de producir y mantener estables los productos terminales de la fermentación de la glucosa. Este resultado se obtuvo solo en la batería 5.

Para prueba de la Urea:

Positivo: ocurre cuando hay presencia de la enzima ureasa, cuando el microorganismo posee la enzima, la urea se desdobla en amonio (NH_3) y CO_2 . El NH_3 alcaliniza el medio provocando un viraje en el color del mismo, de anaranjado a rosa intenso. Este resultado no se obtuvo en ninguna de las baterías.

Negativo: no ocurre el viraje de color en el medio, debido a que el microorganismo no posee la enzima ureasa, por lo cual no puede ocurrir el desdoblamiento de la urea. Este resultado se obtuvo en todas las baterías.

11. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

De acuerdo a los resultados obtenidos a través de la realización de esta investigación, se puede decir que, aunque muy probablemente el agua que se adquiere en este tipo de establecimientos cumple con las normas oficiales establecidas y sea apta para el consumo humano, es claro que el espacio físico, es decir, el despachador automático analizado no cumple con dichas normas al 100 por ciento, pues se comprobó que carece de inocuidad, aun cuando los factores causantes de tal contaminación son diversos, principalmente por el mal uso que se le da a las instalaciones por parte del consumidor, medidas de limpieza y desinfección insuficientes y también por contaminación ambiental.

Los microorganismos obtenidos mediante la parte experimental de esta investigación pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, son todos microorganismos gramnegativos, cuya distribución en la naturaleza es amplia, ya que pueden ser encontrados en el agua, suelo, en las plantas; y aunque no son considerados potencialmente patógenos, salvo en ciertas condiciones, ya que la mayoría de ellos son parte de la microbiota normal del ser humano al encontrarse dentro de su tracto intestinal, debe hacerse énfasis a la necesidad de implementar y llevar a cabo las medidas de seguridad y sanidad que establecen las normas oficiales mexicanas que hacen referencia a este tipo de establecimientos, para garantizar que estos son seguros, y por ende, que el producto ofertado sea de calidad y no constituya un riesgo mayor para la salud del consumidor, ya que este tipo de microorganismos son los más frecuentemente recuperados en muestras clínicas dentro de los laboratorios clínicos, y se les encuentra relacionados con gran variedad de enfermedades infecciosas que va desde tipo gastrointestinal hasta respiratorias.

12. CONCLUSIÓN.

En la actualidad, el consumo de agua purificada es una situación que los gobiernos municipales, estatales y federal deben de considerar con particular atención, tomando en cuenta principalmente que el agua que es destinada a consumo humano cumpla con los criterios de aceptabilidad establecidos por los organismos gobernantes del agua tanto nacionales como internacionales, ya que al querer obtener un mayor margen de ganancia, los particulares cometen una serie de errores en cuanto a tratamiento y saneamiento de las instalaciones donde procesan el agua así como del mismo líquido, lo cual repercute directamente a perjudicar la salud de la población.

En esta investigación, se analizó tan solo una de las variables que deben tomar en cuenta los particulares para preservar la salud del consumidor: la higiene del espacio físico donde se despacha el agua. Mediante este análisis, se obtuvo un marcado desarrollo bacteriano, que si bien, en primer instancia pueden no considerarse patógenos, existen ciertas circunstancias bajo las cuales si podría haber un riesgo mayor para la salud del ser humano, tomando en cuenta principalmente el estado de salud del consumidor, es decir las condiciones bajo las cuales se encuentre su sistema inmunológico, solo por mencionar un ejemplo.

En un mundo en el que el agua es cuantitativamente más escasa, particularmente el agua apta para consumo humano, y teniendo en cuenta los contextos político, social, cultural, financiero, y el enfoque ambiental al que hacemos mención, y en el que actualmente nos encontramos en México, encontrar fuentes de contaminación es un denominador común que debe de ser siempre atendido a conciencia. Uno de los principales problemas es, precisamente, el crecimiento exponencial de los sitios de autoservicio en los que los particulares realizan la purificación del agua potable a través de procesos de filtración, desalinización y esterilización, que, en teoría, garantizan el acceso a este producto de consumo fundamental, a costos sumamente accesibles, si lo comparamos con los que representa la oferta de las empresas de mayor tamaño nacionales y transnacionales, que ofertan el vital líquido a costos sumamente elevados, lo que obliga a la mayor parte de la población mexicana a buscar alternativas para disminuir el costo de amortización del consumo de agua.

Siendo estos establecimientos colocados no siempre en los lugares más adecuados para garantizar el acceso a agua pura de calidad, y aumentando las malas costumbres sociales que tenemos y considerando que, dado a su costo es un mercado que tenderá a seguir incrementando su nivel de ventas, y por tanto, de aumento del número de ofertantes, vale la pena considerar las siguientes prácticas para el público en general, y evitar infecciones respiratorias y/o gastrointestinales:

Realizar el lavado del interior y del exterior del garrafón, con solución jabonosa y cloro comercial (hipoclorito de sodio) que garantice la inocuidad del recipiente.

Llevar consigo una toalla desechable impregnada con cloro comercial, para realizar una desinfección de las zonas del despachador que estén directamente en contacto con el agua (boquilla del despachador).

Evitar que nuestro garrafón tenga contacto con las regiones no desinfectadas del establecimiento y que puedan representar carga de contaminación, y;

Utilizar de preferencia las tapas propias, recicladas y debidamente desinfectadas.

Estas anteriores consideraciones deben de ser coadyuvantes para cualquier persona que pueda acudir a establecimientos de este tipo, intentando asegurar al máximo la inocuidad del agua que se consumirá, será ahora atribución del particular, garantizar que esta agua cumpla con las condiciones microbiológicas y fisicoquímicas para el consumo humano, so pena que, en un mercado ya muy competitivo, quien no haga esto quede relegado de forma definitiva.

13. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

A partir de esta investigación se ha comprobado que el establecimiento analizado no está cumpliendo con las condiciones de sanitización adecuadas de los espacios físicos en los cuales oferta el agua, por lo que a partir de ahí, lleva a cuestionarse si cumple de forma correcta con los cambios de filtro, acondicionamiento de los equipos y limpieza de los mismos, desinfección y mantenimiento de los tanques de almacenamiento, tanto del agua potable como purificada, por lo cual, las siguientes pueden ser nuevas líneas de investigación:

Analizar si el uso de biotecnología aplicada a los sistemas de purificación de agua pueden ayudar a mejorar la calidad de la misma.

Realizar análisis de calidad microbiológica del agua purificada, con el objetivo de demostrar si los particulares ofrecen agua de calidad para el consumo de la población, a pesar del costo tan bajo al que se oferta el producto.

14. ANEXOS.

Hoja de seguridad del agua:

AGUA		
Salud: 0 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 0 riesgos específicos: Equipo de protección: No procede. Bata de laboratorio. No procede. Gafas de seguridad		Nombre del producto: Agua Códigos de Catálogo: SLW1063 CAS #: 7732-18-5 RTECS: ZC0110000 TSCA: TSCA 8 (b) inventario: Agua Sinónimo: óxido de dihidrógeno Nombre químico: agua Fórmula química: H ₂ O
Composición e información sobre los ingredientes		
Composición:		
Nombre	CAS #	% Por peso
Agua	7732-18-5	100
Datos toxicológicos de los ingredientes: No procede		
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS		
Efectos agudos potenciales:	No corrosivo para la piel. No es irritante para la piel. No es sensibilizador para la piel. No irritante a los ojos. No es peligroso en caso de ingestión. No es peligroso en caso de inhalación. No es irritante para los pulmones. No es sensibilizador para los pulmones. No corrosivo para los ojos. No corrosivo para los pulmones.	
Efectos potenciales de salud crónicos:	No corrosivo para la piel. No es irritante para la piel. No es sensibilizador para la piel. No irritante a los ojos. No es peligroso en caso de ingestión. No es peligroso en caso de inhalación. No es irritante para los pulmones. No es sensibilizador para los pulmones. CANCERÍGENOS EFECTOS: No disponible. MUTÁGENOS EFECTOS: No disponible. TERATOGENICOS EFECTOS: No disponible. DESARROLLO DE TOXICIDAD: No disponible	
MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	Contacto con los ojos: No procede. Contacto con la piel: No aplicable. Contacto con la piel grave: No disponible. Inhalación: No aplicable. Graves por inhalación: No disponible. Ingestión: No aplica Graves Ingestión: No disponible	
INCENDIO Y EXPLOSIÓN DE DATOS	Inflamabilidad del producto: No es inflamable. Flash Puntos: No procede. Límites de inflamabilidad: No procede. Productos de la combustión: No disponible. Riesgos de incendio en presencia de varias sustancias: No procede. Riesgos de explosión en presencia de varias sustancias: No aplica Medios de extinción de incendios y las instrucciones: No procede. Observaciones especiales sobre Riesgos de incendio: No disponible.	

Fuente: <http://www.scribd.com/doc/29932721/hoja-de-seguridad-del-agua>

15. BIBLIOGRAFÍA.

- Organización Mundial de la Salud.* (18 de Abril de 2006). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Salubridad y calidad del agua: https://www.who.int/water-sanitation-health/dwq/gdwq3_es_7_fig.pdf?ua=1
- Organización Mundial de la Salud.* (25 de Junio de 2006). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Guías de calidad para el agua potable: Saneamiento e higiene: https://www.who.int/water_sanitation-health/dwq/es/
- Organización Mundial de la Salud.* (24 de Junio de 2006). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Calidad del agua.: https://www.who.int/water-sanitation-health/dwq/gdwq3_es_8.pdf=?ua=1
- Cemda.* (2006.). Recuperado el 13. de Septiembre. de 2017., de El agua en México: lo que todas y todos debemos saber.: https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- El agua en México.* (Diciembre de 2011). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Cemda: https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf
- El medio ambiente en México.* (18 de Febrero de 2014). Recuperado el 6 de Septiembre de 2017, de Semarnat: https://www.appsl.semarnat.gob.mx>dgeia<06_agua
- Honorable ayuntamiento de Morelia.* (24 de Junio de 2015). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.: <https://www.inafed.gob.mx>
- Medline plus enciclopedia medica.* (14 de Abril de 2017). Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Hiperhidrosis: <https://www.medlineplus>ency<article>
- Agua., C. N. (14 de ENERO de 2017). *gob.mx*. Recuperado el 13 de SEPTIEMBRE de 2017, de *gob.mx*: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/ley-de-aguas-nacionales-544002>
- Carbajal Azona Ángeles, G. F. (24 de Julio de 2013). *Universidad Complutense de Madrid*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Propiedades del agua.: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-carbajal-gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Carbajal, A. (24 de Julio de 2013). *Propiedades del agua*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Universidad Complutense de Madrid:

<https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-carbajal-gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

CEMDA. (Diciembre de 2011.). *Cemda*. Recuperado el 13. de Septiembre de 2017., de Cemda: https://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-maxico_001.pdf

Conagua. (14 de Enero de 2017). *Ley de aguas nacionales*. Recuperado el 6 de Septiembre de 2017, de Ley de aguas nacionales: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/ley-de-aguas-nacionales-54002>

Koneman, E. A., & Schereckenberger, P. (2001). Familia Enterobacteriaceae. En E. A. Koneman, & P. Schereckenberger, *Diagnóstico Microbiológico* (págs. 196-201). Philadelphia, Philadelphia: Panamericana.

Mathews, C. K., & Ahern, K. (2002). La matriz de la vida: interacciones débiles en un medio acuoso. En C. K. Mathews, & K. Ahern, *Bioquímica* (págs. 32-47). Madrid: Pearson.

MedlinePlus. (s.f.). Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de MedlinePlus: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/007259.htm>

OMS. (2006). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Guías para la calidad del agua potable.: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_11.pdf?ua=1

OOAPAS. (16 de AGOSTO de 2017). *OOAPAS*. Recuperado el 13 de SEPTIEMBRE de 2017, de OOAPAS: <https://www.ooapas.gob.mx>

Salud., O. M. (2006). *OMS*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Guías para la calidad del agua potable.: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_11.pdf?ua=1

Ucha., F. (19 de Diciembre de 2013). *Definición ABC*. Recuperado el 30 de Junio de 2017, de Ciclo del agua.: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/ciclo-del-agua.php>

Vaquero, M. P. (18 de Julio de 2014). *La importancia de una hidratación adecuada*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de Manual de nutrición Kelloggs: https://www.kelloggs.es7content/dam/newton/media/manual_de_nutricion_new/m anual_nutricion_kelloggs_capitulo_02.3.pdf