



Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Dirección de Servicios Escolares
Departamento de Certificación Escolar
Autorización de impresión



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 13 de junio 2020

C. Mayra Elizabeth Cancino Castillo
Pasante del Programa Educativo de Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA PURIFICADA EN EL BARRIO SAN RAMÓN DEL MUNICIPIO DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS CHIAPAS, ACORDE A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994.

En la modalidad de tesis.

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

C. Dr. José Manuel Gómez Ramos

C. Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

C. Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández

Firmas:

Ccp. Expediente

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA
PURIFICADA EN EL BARRIO SAN RAMÓN DEL MUNICIPIO
DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS, ACORDE
A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-127-SSA1-1994.**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA

MAYRA ELIZABETH CANCINO CASTILLO

DIRECTOR

Dr. JUAN ANTONIO VILLANUEVA HERNÁNDEZ

TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS

AGOSTO DEL 2021



Agradecimientos

En primera instancia y como más importante, quiero agradecer a Dios por el presente trabajo, por la fortaleza y sabiduría necesaria otorgada para poder culminar un proyecto más en mi vida.

Agradezco de la forma sincera a mi director de Tesis Dr. Juan Antonio Villanueva Hernández por sus consejos, paciencia y dedicación, gracias por compartirme sus conocimientos los cuales fueron parte fundamental para la elaboración de este trabajo.

A mis padres por brindarme su infinito cariño, esfuerzo y amor a lo largo de mi vida. Gracias por creer y confiar siempre en mí, es un logro que compartimos juntos.

A mis amigos que siempre estuvieron conmigo a lo largo de la carrera Selene, Roberto y Andrea.

A mi perra Isis, que mientras escribía esta tesis se pasaba horas tumbadas a mi lado dándome calor y compañía.

Agradezco con profundo cariño y de la forma más sincera, a mi hermano Luis por estar conmigo en todo momento, gracias por nunca dejar de creer en mí y ser un punto clave para poder concluir este proyecto.

A la vida, por darme la fuerza necesaria para enfrentar cada adversidad y poder cumplir una meta más.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a Mayra, por todo el esfuerzo realizado y nunca dejar de creer en ti para finalizar este proyecto, nada de esto hubiera sido posible sin la fuerza interior necesaria para enfrentar todas las adversidades a lo largo de estos cuatro años.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
4.1 OBJETIVO GENERAL	7
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	7
5. HIPÓTESIS	7
6. JUSTIFICACIÓN	8
7. MARCO TEORICO	10
7.1 El agua	10
7.1.1 Propiedades del agua	11
7.1.2 Distribución del agua	12
7.1.3 El ciclo del agua	13
7.2 Agua potable	14
7.3 Agua purificada envasada	14
7.4 Contaminación microbiológica del agua	14
7.2.1 Enfermedades relacionadas con el agua	15
7.2.2 La calidad de las aguas superficiales en México y su impacto en la salud de la población	17
7.4 Normatividad para el suministro de agua potable	17
7.5 Plantas purificadoras de agua potable	19
7.5.1 Tipos de herramientas de regulación sanitaria de plantas purificadoras	19
7.5.2 Personas involucradas en plantas purificadoras	20
7.5.3 Procesos de purificación del agua	21
7.5.3.1 Osmosis inversa	22
7.5.3.2 Adsorción	22
7.5.3.3 Filtración gruesa	23
7.5.3.4 Filtración de carbono activado	23
7.5.3.5 Cloración	24

7.5.3.6 Luz ultravioleta.....	24
7.5.3.7 Ozono.....	25
7.5.3.8 Lavado de garrafón.....	25
7.5.3.9 Envasado.....	25
7.5.3.10 Desinfección de tapas.....	26
7.5.3.11 Producto terminado.....	26
8. METODOLOGÍA.....	27
8.1 Aspectos generales.....	27
8.2 Obtención de muestras.....	27
8.3 Determinación de análisis fisicoquímicos.....	28
8.3.1 Determinación de turbiedad.....	28
8.3.2 Determinación de pH.....	28
8.3.3 Determinación de dureza.....	28
8.3.4 Determinación de nitritos.....	29
8.4 Determinación de análisis microbiológicos.....	30
8.4.1 Determinación de coliformes totales.....	30
8.4.1 Determinación de coliformes fecales.....	30
8.5 Funcionamiento de las purificadoras.....	30
8.5.2 Aplicación de encuestas de tipo exploratorio.....	31
8.5.3 Ubicación de la zona de aplicación de encuestas.....	32
9.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
9.1 Determinaciones microbiológicas.....	33
9.2 Determinaciones fisicoquímicas del agua purificada.....	35
9.2.1 Determinación de pH.....	35
9.2.2 Determinación de turbidez.....	35
9.2.3 Determinación de dureza.....	36
9.2.4 Determinación de solidos disueltos totales.....	37
9.2.5 Determinación de nitritos.....	39
9.5 Resultados del funcionamiento de las purificadoras.....	40
9.5.1 Resultados del inventario del funcionamiento de las purificadoras..	41
9.6 Resultados de las encuestas.....	44

10. CONCLUSIONES	55
10.1 Recomendaciones	56
11. ANEXO.....	57
11.1 ANEXO IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA.....	57
11.2 ANEXO IMÁGENES DE LA ENCUESTA REALIZADA	63
11.3 ANEXO PERMISOS DE LAS PURIFICADORAS.....	66
11.4 ANEXO DE TABLAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PURIFICADORAS	70
11.4.1 Identificación de las causas de no conformidades del funcionamiento de las purificadoras	71
11.5 ANEXO MODELO DE ENCUESTA REALIZADO EN LA INVESTIGACIÓN.....	74
12. LITERATURA CONSULTADA	75

Índice de figuras

Figura 1. Estructura molecular del agua (Taggart y Starr 2004).....	10
Figura 2. Molécula del agua. A la izquierda, la molécula del agua presentada según el modelo atómico que muestra las zonas de la molécula ligeramente positiva y ligeramente negativa. A la derecha, la formación de puentes hidrógeno entre las moléculas de agua (Curtis y Barnes, 2000). Entre las principales propiedades del agua se encuentra (Maicera,2020).....	11
Figura 3. Distribución del agua en el mundo (CONAGUA, 2011).....	12
Figura 4. Ciclo hidrológico (García,2009).....	13
Figura 5. Modelo de las micro plantas purificadoras de agua en México.	20
Figura 6. Proceso de producción de agua purificada. (Zárate,1999).....	21
Figura 7. Proceso de ósmosis inversa (Martínez,2020).	22
Figura 8. Localización de las purificadoras en el barrio San Ramón de San Cristóbal de Las Casas	27
Figura 9. Procedimiento del tratamiento de las purificadoras de agua.....	41
Figura 10. Recolección de muestras de agua de la purificadora A y B.	57
Figura 11. Proceso de purificación de agua de la purificadora A.	57
Figura 12. Lavado de garrafones de la purificadora A.....	58
Figura 13. Proceso de purificación de agua de la purificadora B.	58
Figura 14. Proceso de purificación de agua de la purificadora B.	59
Figura 15. Lavado de garrafones de la purificadora B.....	59
Figura 16. Uniforme del personal de la purificadora A.	60
Figura 17. Uso de uniforme del personal de la purificadora B.....	60
Figura 18. Almacenamiento de garrafones de la purificadora A.....	61
Figura 19. Almacenamiento de garrafones de la purificadora B.....	61
Figura 20. Transporte de agua procedente de la purificadora A.	62
Figura 21. Transporte de agua procedente de la purificadora B.	62
Figura 22. Control de plagas urbanas y desinfección de la purificadora A.....	66
Figura 23. Permiso de salubridad de la purificadora A.....	67
Figura 24. Control de plagas urbanas y desinfección de la purificadora B.....	68
Figura 25. Permiso de salubridad de la purificadora B.....	69
Figura 26. Encuesta para los trabajadores del mercado san ramón.	74

Índice de tablas.

Tabla 1. Agentes patógenos transmitidos por el agua (OMS, 2006).	15
Tabla 2. Principales enfermedades transmitidas por el agua (OMS, 2020).	16
Tabla 3. Normatividad del suministro de agua potable (CONAGUA, 2007).	18
Tabla 4. Coliformes fecales y totales de agua de garrafón.	34
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de garrafón.	40
Tabla 6. Inventario de no conformidades del funcionamiento para la purificadora A	70
Tabla 7. Inventario de no conformidades del funcionamiento para la purificadora B	71
Tabla 8. Inventario de causas de no conformidades para la purificadora A	72
Tabla 9. Inventario de causas de no conformidades para la purificadora B	73

Índice de gráficos.

Grafica 1. Funcionamiento de la purificadora A.....	42
Grafica 2. Funcionamiento de la purificadora B.....	43
Grafica 3. Frecuencia del relleno de garrafones.....	44
Grafica 4. Frecuencia con el mismo garrafón.....	45
Grafica 5. Compra de garrafones rellenables.....	46
Grafica 6. Presencia de síntomas por el agua.....	47
Grafica 7. Tiempo rellenando garrafones	48
Grafica 8. Desparasitación en el hogar	49
Grafica 9. Conocimiento de las reglas sanitarias para la venta de garrafones.....	50
Grafica 10. Confianza de la higiene de los establecimientos de agua rellenable ...	51
Grafica 11. Utilización del agua de los garrafones rellenables	52
Grafica 12. Valores de la calidad del agua	53
Grafica 13. Casos de enfermedades intestinales	54

Resumen

En México el agua potable es un servicio esencial que debe tener garantizada la calidad e inocuidad con el fin de evitar riesgos sanitarios, ya que el consumo de agua contaminada genera enfermedades de origen hídrico. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad sanitaria del agua purificada envasada en garrafrones, proveniente de purificadoras de agua (A Y B), situada en el barrio San Ramón en el punto de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. Para cual se tomaron 2 muestras de agua, para evaluar la calidad del agua se realizó el análisis microbiológico y fisicoquímico de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994. Los resultados obtenidos indican que el recuento microbiano fue de cero para ambas muestras. Sin embargo, en los parámetros fisicoquímicos, se observó que algunos están fuera o inferiores de la norma (PH, turbidez, solidos disueltos totales), por lo tanto, son significativamente inapropiadas en el producto. De igual modo se realizó un análisis en donde se percató algunas deficiencias en el proceso de purificación, manejo y manipulación del agua postproceso en esta clase de establecimientos. En base a lo anterior, se llegó a la conclusión que el consumo del agua analizada puede llegar a ocasionar un grave problema de Salud Pública, especialmente en la población más susceptible como son los niños y personas de la tercera edad.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la vida, el agua ha sido un factor indispensable y necesario para el ser humano, así como en los seres vivos en el planeta Tierra (Zuluaga, 1999). Sin embargo, potabilizarla para el consumo humano, ha sido un problema a nivel mundial, principalmente en países en vías de desarrollo, debido a que el crecimiento de la poblacional ha provocado a su vez un incremento en la contaminación de las fuentes de agua, limitando las fuentes para su consumo (Mejía, 2005; González y Ramírez, 2006). Al mismo tiempo, la necesidad de consumo de agua cada vez se incrementa, alrededor de 1000 de personas no tienen acceso a esta de forma segura y más de 5 millones de personas fallecen anualmente debido al consumo de agua contaminada (Fernández y Mortier, 2005; Moralejo y Serafino, 2009).

Al mismo tiempo, las enfermedades gastrointestinales son uno de los principales problemas de salud en México tales como salmonelosis, shigelosis, cólera (*Vibrio cholerae*), amebiasis (*Entamoebahistolytica*), alteraciones gastrointestinales (*Aeromonasspp.*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacterspp.*); giardiasis (*Giardialambliia*), criptosporidiosis (*Cryptosporidium spp.*), esquistosomiasis (*Schistosomaspp.*), desórdenes hepáticos (virus de hepatitis), entre otros (Hernández *et al.*, 2011). Lo que ha llevado a la búsqueda de nuevos métodos y tecnologías que mejoren la calidad inocua del agua y con ello cuidar la salud del consumidor, tal como la biopurificación a través de plantas con el fin de controlar factores como; contenido de minerales (cloruros, nitratos, nitritos, amonio, calcio, magnesio, fosfato, arsénico, entre otros). Debido a esto, la purificación del agua es cada día más necesaria, dados los crecientes niveles de contaminación en el mundo actual; el aumento de la población, la escasez del agua (Berdonces, 2008).

Por otro lado, se ha hecho más frecuente el consumo de agua embotellada, México ocupa el primer lugar a nivel mundial en consumo de agua embotellada (Vega, 2015). De acuerdo con la UNESCO, un litro de agua embotellada puede costar hasta 1,000 veces más que si la tomáramos de la llave, dependiendo de la región en que se comercialice, por lo cual, en algunas ciudades como en San Cristóbal de Las Casas, existe el servicio de rellenado de garrafones a un costo más económico, lo que resulta una alternativa con mayor accesibilidad a las necesidades de la población.

No obstante, con todo y los procesos de purificación llevados a cabo por las purificadoras, la calidad final del agua en los productos ofrecidos, no garantizan que cumplan con los requisitos microbiológicos mínimos para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades. Por ello, el objetivo de esta investigación es analizar la calidad del agua ofrecidas por dos purificadoras en el barrio de San Ramón del municipio de San Cristóbal de Las Casas Chiapas y verificar que cumplan con los requisitos necesarios establecido en las normas mexicanas para el consumo en humano.

2. ANTECEDENTES

Ríos-Vásquez *et al.*, (2015), llevaron a cabo un estudio de la capacidad de proceso de una planta purificadora de agua del Instituto Tecnológico de Sonora, mediante estudios de calidad como mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales del agua producida y distribuida, con el fin de determinar si los procesos de calidad eran aceptables y aptas para el consumo humano, en base a los lineamientos establecidos por las Normas Oficiales Mexicanas. Una vez obtenidos los resultados determinaron que la capacidad de procesos de las purificadoras era baja, ya que el número de mesófilos aerobios supero el límite con 81.94 %, así como el número de coliformes totales y fecales con 15.27 % y 4.16 % respectivamente, sobrepasando el límite permisible por la NOM-201-SSA1-2002.

Becerra *et al.*, (2019), llevaron a cabo un estudio en la ciudad de Morelia Michoacan, con el objetivo de medir la calidad microbiológica de diferentes establecimientos dedicados a la purificación de agua para el consumo humano. El estudio consto de la recolección de 20 muestras en puntos estrategicos dentro de la ciudad para su análisis, identificación y aislamiento de *Escherichia coli*. Ellos encontraron que de las 20 muestras recolectadas, 30 % de estas dieron positivo a *E. coli* y 10 % de las muestras se pudo identificar a la bacteria. Por su lado, 65 % de las muestras excedio las 100 UFC/mL de bacterias mesófilas permitidas por las NOM-210-SSA1-2014. Por lo cual, los autores reportan que el proceso de purificación de agua en garrafones para el consumo humano en estas empresas se lleva a cabo de manera ineficiente a pesar de la implementación de metodologías muy diversas como la osmosis inversa, filtros de carbón activado, desinfecciones químicas entre otras técnicas que suelen anunciarse como publicidad de dichas empresas. Sugiriendo que dichas empresas deberian realizar la validación correspondiente a de sus métodos de purificación para garantizar la inocuidad de su producto.

Evangelista *et al.*, (2019), realizaron un estudio en la ciudad de Guadalajara con el objetivo de determinar coliformes totales, fecales y *E. coli* del agua purificada que se comercializa en las rellenadoras, de acuerdo a las especificaciones y métodos de prueba microbiológicos de la NOM-210-SSA1-2014, y con ello determinar si estos establecimientos cumplen con los lineamientos y especificaciones establecidas en la NOM-201-SSA1-2015, además determinará si el agua cumple lo que marca la norma para ser purificada, y con esto evitar o minimizar el riesgo a la salud. El estudio consto de la recolección de 40 muestras aleatorias en diferentes zonas de la ciudad, de las cuales 14 muestras dieron positivo a coliformes totales y 10 muestras positivo a coliformes fecales *E. coli*. Además, el estudio arrojó presencia de *Pseudomonas spp.*, en aproximadamente un 20% del total de las muestras. Con base en los resultados, los autores concluyeron que el 35% de los

establecimientos visitados, no cumplen con las especificaciones de la NOM-201-SSA1-2015 ni con los límites microbiológicos establecidos en la NOM-210-SSA1-2014. Finalmente, los autores sugieren que la presencia de *Pseudomonas spp.*, es un indicio que los establecimientos tienen una deficiencia en sus procesos de purificación y esto conlleva a un riesgo a la salud.

Orozco-Magdaleno *et al.*, (2019), realizaron un estudio para determinar la calidad bacteriológica y determinar los puntos de riesgo de contaminación recurrente de las plantas purificadoras que llenan garrafones de 19 L, localizadas en la costa de Chiapas. Los autores analizaron 174 muestras de 29 purificadoras durante 6 meses de acuerdo a la NOM-201-SSA1-2015 y NOM-092-SSA1-1994. Ellos obtuvieron el 79% del total de las muestras de agua fueron positivo para bacterias mesofílicas aerobias y 25% de cuando menos una muestra dio positivas para coliformes totales. Además, realizaron encuestas a los trabajadores acerca de las medidas sanitarias empleadas en el establecimiento y determinar la calidad e higiene del producto terminado, obteniendo resultados que indicaron una mala calidad microbiológica derivado de falta de tratamiento de higienización y buenas prácticas de manufactura.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en México existe un problema de salud pública respecto al consumo de agua potable en la población, existe desconfianza en cuanto a la calidad del agua proveniente de la llave, provocando brotes de enfermedades gastrointestinales en la población asociadas al consumo de agua contaminada por bacterias, tales como, *Escherichiacoli*, *Salmonella spp* y *Shigellaspp*, parásitos (*Giardialamblia* y amibas) y virus (*Rotavirus* y *virus Norwalk*) (Gray, 1996). Todas las enfermedades mencionadas anteriormente se caracterizan por una serie de síntomas que son: diarrea, deshidratación, vómito, dolor de estómago, fiebre, dolor de cabeza, entre otros. Dichas enfermedades se presentan en cualquier época del año, con una mayor incidencia en temporadas de calor.

A pesar de que su mayor mortalidad se presenta en personas de 20 a 40 años, los niños y los ancianos son los que suelen sufrir sus efectos fulminantes, debido a la excesiva pérdida de electrolitos que aflige al cuerpo durante la enfermedad y que puede causar una deshidratación grave (Vila, 2009).

De acuerdo a la Asociación Nacional de Productores y Distribuidores de Agua Purificada, hay 6,500 productoras de agua de las cuales 84 % son catalogadas como microempresas, dado que son marcas ilegales que han dañado la imagen de la industrial establecida legalmente, el volumen de ventas que realizan son de 83% de garrafones y el resto en envases personales, es decir, se estima que 2,500 (38.5%) son informales y llevan a cabo sus operaciones fuera de la norma, denominándose “rellenadoras” a causa de tomar el agua de llave para rellenar garrafones sin tratamiento previo, controlando cerca de la mitad del mercado nacional de presentaciones de 19 litros. Esto ha provocado que el mercado de purificadoras se sature, ofreciendo servicios de mala calidad que representan un peligro para la salud de los consumidores, ya que estos no cuentan con la infraestructura y los controles de calidad necesarios para garantizar la inocuidad del agua que ofrecen en sus productos (Vega, 2015).

En el estado de Chiapas operan cinco mil plantas purificadoras de agua, 70 % de ellas incumpliendo con las normas oficiales mexicanas, así como también en las medidas sanitarias para llenado y lavado de garrafones (Conagua, 2011). En el municipio de San Cristóbal existen 42 empresas dedicadas al servicio y proceso de purificación de agua, dichas procesadoras, toman el agua de la llave, ya que no cuenta con una planta potabilizadora de agua potable. Así mismo reutilizan los botellones de garrafón para la venta de agua, pero muchas veces los garrafones no son desinfectados, higienizados o lavados de forma adecuada.

Se tiene indicios que la calidad del agua potable de la ciudad se ve amenazada por falta de tratamiento y por la contaminación en la red de distribución, debido a que opera a baja presión. Dado a la desconfianza de la calidad del agua de la llave por parte de la población ha provocado un cambio en el hábito hacia el consumo de agua envasada (Haro *et al.*, 2012). Hay que mencionar, lo que les da certeza para su compra al público es el documento que exhiben, aun cuando no estén correctamente acreditada la calidad; al igual que su funcionamiento de muchas purificadoras es irregular, ya que no están registradas y no todas cumplen con la norma sanitaria establecida lo que explica su bajo precio. Eso es debido a que estas purificadoras no dan mantenimiento a sus equipos, tienen poco personal y distribuyen a hogares cercanos al negocio; muchas operan de manera clandestina, por lo que hay ahorro en permiso y pago de impuestos (Vega, 2015 y Contreras, 2017).

4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del agua conforme a la **NOM-127-SSA1-1994** de dos purificadoras de agua ubicadas en la localidad de San Cristóbal de Las Casas Chiapas en el barrio San Ramón.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Realizar encuesta a la población de tipo no exploratorio para determinar si consumen agua de garrafones rellenables y si se han visto afectados en su salud por su consumo.
- Investigar el funcionamiento del sistema de purificación de agua de dos purificadoras de agua.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos: PH, turbiedad, dureza, nitritos, solidos disueltos totales del agua ofrecido en las purificadoras.
- Evaluar los parámetros microbiológicos: coliformes fecales y coliformes totales del agua ofrecido en las purificadoras.

5. HIPÓTESIS

El agua de los garrafones rellenables ofrecidos por las purificadoras del barrio de San Ramón en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas funciona como reservorio para enfermedades gastrointestinales.

6. JUSTIFICACIÓN

El acceso de la población a los servicios de abastecimiento de agua potable en suficiente cantidad y calidad es importante para coadyuvar a la prevención de las enfermedades gastrointestinales, las cuales son las que con más frecuencia se relacionan con una mala calidad del agua y un deficiente saneamiento básico (Secretaría de Salud, 2002).

Las enfermedades gastrointestinales son una de las primeras causas de consulta médica y también una de las primeras causas de muerte en México y en el mundo. Por ello, se las considera un problema de salud pública a nivel mundial, afecta a personas de cualquier edad y condición social, aunque los grupos más vulnerables son los niños y los ancianos (León, 2002).

Dentro de las enfermedades transmitidas la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año tienen lugar 1,500 millones episodios en países en vías de desarrollo, resultando de éstos en 1,5 millones de muertes (OMS, 2020). En México en el 2003, se reportó 4 556 decesos causados por infecciones intestinales (Paniagua, 2007). En 2002, la Secretaría de Salud (SSA) informó que las enfermedades gastrointestinales, ocasionadas por bacterias o parásitos ocupaban la decimocuarta causa de fallecimientos a nivel nacional, los estados con mayor incidencia eran: Chiapas, Oaxaca, Guanajuato, Veracruz, Puebla, y el Distrito Federal. Tan solo en 2008, el Seguro Social brindó 2 millones 188 consultas por enfermedades gastrointestinales (Cortez *et al.*, 2011).

Por otro lado, los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los Estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública, favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el consumo de agua, principalmente en países en vía de desarrollo, lo cual constituye uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial (OMS, 2011).

Debido a esto, evitar dichas enfermedades es importante dado que el agua como vehículo de infección es de gran riesgo, ya que podría infectar simultáneamente a gran parte de la población. Esto se puede llevar a cabo mediante el control y vigilancia, lo cual incluye el conocimiento de la calidad del agua en sus fuentes y sistemas de potabilización, identificar los microorganismos y las formas parasitarias presentes en ella, con el fin de establecer medidas de intervención y conservación del recurso hídrico y por tanto, evitar la propagación de contaminantes y enfermedades transmitidas por el agua a la población (Ramírez *et al.*, 2004).

Aunque la presencia de microorganismos de transmisión hídrica no está limitada a una región específica en el mundo o a su nivel de desarrollo, los problemas de desplazamiento, la respuesta ineficiente de los servicios de salud, la poca inversión de los estados en la garantía de la potabilización del agua para toda la población, la falta de control de brotes y la falta de intervención de los sistemas de salud pública, favorecen la propagación, incidencia, morbilidad y mortalidad asociada a enfermedades relacionadas con el agua de consumo, principalmente en países en vía de desarrollo (Silvia , 2004; OMS, 2011).

En San Cristóbal de Las Casas Chiapas , cuenta con una cuenca endorreica , es decir, el agua no tiene salida fluvial hacia el océano y solo se puede abandonar por filtración o evaporación , además cuenta con un túnel de avenamiento de 4.2 km de longitud pero la ciudad no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable, por lo que el agua de las purificadoras de agua es tomada de las descargas pluviales, estas son invertidas directamente a los humedales o ríos ya que el único tratamiento que se lleva acabo es la desinfección química con cloro, sin embargo, no se realiza de manera adecuada, debido a que no se clora todos los tanques, ni se cuentan con insumos suficientes para clorar todos los días (SAPAM, 2011). De los aproximadamente 42 establecimientos de purificadoras de agua en la ciudad, no toda cumplen adecuadamente las normas oficiales mexicanas, al mismo tiempo, no cumplen con las medidas higiénicas para sanear y envasar el líquido, sin embargo, la mayoría de las purificadoras por norma exhiben un documento que avala la calidad del agua que venden por la secretaria de salud, pero dichos establecimientos no cuentan con los documentos, como consecuencia, la mayoría están trabajando de manera ilegal con documentos no actualizados o falsos, a pesar de no tener controles sanitarios rigurosos, muchas de ellas compran el agua de pipa con el fin de evitar pagar impuestos (Cortez *et al.*, 2011).

7. MARCO TEORICO

7.1 El agua

El agua es el líquido más común de la superficie terrestre, componente principal en peso de todos los seres vivos, es considerada un líquido inerte, meramente destinado a llenar espacios en los organismos vivos. Es una sustancia con propiedades que la diferencian tanto física como químicamente de otros líquidos existen en el planeta (Murray *et al.*, 2010). Estas propiedades son consecuencia de su estructura molecular y son responsables de la aptitud del agua para desempeñar su papel en los sistemas vivos. Podemos encontrarla en los tres estados que puede tener la materia: líquido, sólido y gaseoso. Si bien en condiciones normales el agua es líquida y así aparece principalmente en la naturaleza, esta puede evaporarse y pasar al estado gaseoso, proceso conocido como evaporación, así mismo, puede presentarse un proceso inverso donde el agua en estado gaseoso retorna al estado líquido, conocido como condensación. Por otro lado, se puede encontrar en un estado sólido cuando su temperatura baja de los cero grados, formando el hielo.

El agua no solamente constituye el principal componente estructural de todos los seres vivos; sino que sus propiedades y su permanente circulación y movimiento es lo que los mantiene con vida. Las dos propiedades del agua que son fundamentales para la vida, son la capacidad de disolver otras sustancias y la capilaridad que le permite transportarlas hacia arriba y a través de los tejidos vivos (Agua, 2001). La estructura del agua en su fórmula fundamental, dos átomos de hidrógeno unidos a un átomo de oxígeno (H- O- H), se presenta en la Figura 1.

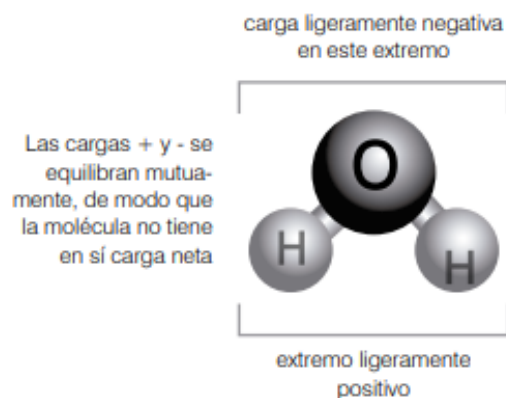


Figura 1. Estructura molecular del agua (Taggart y Starr, 2004).

7.1.1 Propiedades del agua

El agua puede presentarse en estado sólido, líquido y/o gaseoso, la estructura de la molécula de agua, en especial, la unión mediante enlaces de hidrógeno como se muestra en la Figura 2, le confiere unas propiedades físicas y químicas que permiten explicar muchos fenómenos que suceden en el planeta como son; inundaciones, sequías, hundimientos, entre otros.

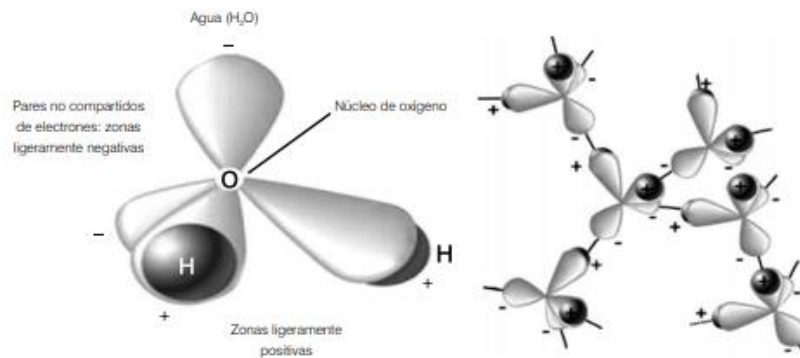


Figura 2. Molécula del agua. A la izquierda, la molécula del agua presentada según el modelo atómico que muestra las zonas de la molécula ligeramente positiva y ligeramente negativa. A la derecha, la formación de puentes hidrógeno entre las moléculas de agua (Curtis y Barnes, 2000). Entre las principales propiedades del agua se encuentra (Maicera, 2020):

- Físicas

Es la única sustancia que se puede encontrar en los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso) de forma natural en la Tierra. En el estado de forma sólida, es menos densa que la líquida, por eso el hielo flota. No tiene color, sabor, ni olor. Su punto de congelaciones a cero grados Celsius (°C), mientras que el de ebulliciones a 100 °C, representada por la presión a nivel del mar. El agua posee una tensión superficial muy alta, lo que significa que es pegajosa y elástica. Se une en gotas en vez de separarse. Esta cualidad le proporciona al agua la acción capilar, es decir, que se pueda desplazar por medio de las raíces de las plantas y los vasos sanguíneos y disolver sustancias.

- Propiedades químicas

La fórmula química del agua es H_2O , un átomo de oxígeno ligado a dos de hidrógeno. La molécula del agua tiene carga eléctrica positiva en un lado y negativa del otro, esta característica de la denomina bipolar. Debido a que las cargas eléctricas opuestas se atraen, las moléculas del agua tienden a unirse unas con otras. El agua es conocida como el “solvente universal”, ya que disuelve más sustancias que cualquier otro líquido y contiene valiosos minerales y nutriente. El potencial de hidrógeno (PH) es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El agua pura tiene un PH neutro de 7, lo que significa que no es ácida ni básica. Otras de sus propiedades químicas son:

- Reacciona con los óxidos ácidos (compuesto químico binario que resulta de la combinación de un elemento no metal con el oxígeno).
- Reacciona con los óxidos básicos (combinación de un elemento metálico con el oxígeno).
- Reacciona con los metales.
- Reacciona con los no metales.

7.1.2 Distribución del agua

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km^3 , de los cuales el 97.5% es agua salada y sólo el 2.5% es agua dulce, equivalente a 35 millones de km^3 . De esta cantidad, casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo, como se muestra en la Figura 3. Del agua disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración, mucha de esta agua utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o encarece su disponibilidad (CONAGUA, 2011).



Figura 3. Distribución del agua en el mundo (CONAGUA, 2011).

7.1.3 El ciclo del agua

El ciclo hidrológico (Figura 4) supone un movimiento o transferencia de masas de agua de forma continua como consecuencia de un flujo energético (Pulido-Bosch, 2014). Se trata de un conjunto de procesos simultáneos interrelacionados. A pesar de ello, por motivos didácticos, se suele asumir que comienza en los océanos con la evaporación del agua. El calor del sol aporta la energía necesaria para romper los enlaces que mantienen unidas las moléculas de agua. Este proceso de cambio de estado de fase líquida a gas (vapor de agua) se denomina evaporación. Cuando la humedad relativa del aire es del 100% (punto de saturación) comienza la condensación, proceso por el cual el vapor de agua del aire se transforma en agua líquida dando lugar a la formación de nubes. Estas nubes en determinadas condiciones de presión y temperatura originan precipitaciones. La precipitación también puede ocurrir en forma de nieve y acumularse en los glaciares. Su fusión, junto con el resto de precipitaciones da lugar al agua superficial y subterránea.

Una parte del agua superficial fluye hasta el mar. Otra parte se infiltra en el terreno y el resto, se evapora. El agua que se infiltra, atraviesa una zona no saturada, donde puede evapotranspirarse por acción de las plantas o fluir hasta el acuífero (zona saturada). Debido a las fuerzas de presión y de gravedad, el agua subterránea se mueve de zonas de mayor a menor potencial hidráulico. Además, mantiene una estrecha relación con el agua superficial siendo sus aportaciones en muchos casos imprescindibles para mantener el caudal de los ríos. El ser humano es un agente activo del ciclo. El hombre ha intervenido en el ciclo del agua y lo ha logrado adaptar a sus necesidades (Toledo, 2006). La construcción de grandes presas, la sobre explotación de los acuíferos, la promoción de la condensación y posterior precipitación del agua o la depuración de la misma, ejemplifican este hecho. El final del ciclo hidrológico en la mayor parte de los libros de texto es el mar. Si bien cabe destacar que el ciclo, como su nombre indica, no tiene inicio ni fin, sino que es una sucesión de procesos y movimientos que sufre el agua.



Figura 4. Ciclo hidrológico (García, 2009).

7.2 Agua potable

Se llama agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua potable, quedando así lista para el consumo humano como consecuencia del equilibrado valor que le imprimen sus minerales; de esta manera, el agua de este tipo, podrá ser consumida sin ningún tipo de restricciones (Ucha, 2008).

7.3 Agua purificada envasada

Se considera agua purificada envasada, carbonatada o no, a las aguas destinadas al consumo humano, que son sometidas a un proceso físicoquímico y de desinfección de microorganismo, cumplen con los requisitos establecidos en la norma y es envasada en recipientes de cierre hermético e inviolable, fabricados de material grado alimenticio (INEN, 2008).

7.4 Contaminación microbiológica del agua

La contaminación microbiológica del agua puede ser directa o indirecta debido a heces humanas o animales. Los patógenos pueden ser transmitidos directamente de humano a humano, animal a humano o indirectamente a través de alimentos, agua u otros objetos, los cuales estuvieron en contacto con heces (Harrison *et al.*, 2002). Los riesgos para la salud relacionados con el consumo de agua contaminada más comunes; son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Agentes patógenos transmitidos por el agua (OMS, 2006).

Bacterias	Virus	Protozoarios	Helmintos
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Adenovirus ssp</i>	<i>Balantidium coli</i>	<i>Ancylostoma duodenale</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Enterovirus ssp</i>	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Ascaris lumbricoides</i>
<i>Enteropatógenas</i>	<i>Hepatitis A</i>	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Echinococcus granulosus</i>
<i>Salmonellas sp</i>	<i>Agente Norwalk</i>	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Necator americanus</i>
<i>Shigellas sp</i>	<i>Reovirus</i>		<i>Fasciolopsis buski</i>
<i>Vibrio cholerae</i>	<i>Virus Coxsackie</i>		<i>Strongyloides stercoralis</i>
<i>Yersinia enterocolitica</i>	<i>Rotavirus</i>		<i>Taenia solium</i>
			<i>Trichuris trichiura</i>

7.2.1 Enfermedades relacionadas con el agua

El riesgo de contraer una enfermedad infecciosa es siempre mayor cuando las heces de humanos y/o animales son ingeridas oralmente. La transmisión indirecta es debido a que los patógenos son resistentes a la acción de condiciones medioambientales desfavorables. En el agua o en el medio ambiente los patógenos pueden sobrevivir por días o semanas (Cools *et al.*, 2003). No todos los organismos presentes en el agua son patógenos estrictos, algunos se encuentran naturalmente en el agua y producen enfermedades oportunistas afectando principalmente a personas inmunodeprimidas (Fayer *et al.*, 2000). En la Tabla 2 se presentan algunos ejemplos de enfermedades transmitidas por el consumo de agua contaminada.

Tabla 2. Principales enfermedades transmitidas por el agua (OMS, 2020).

Enfermedades	Causa y vía de transmisión
Disentería amebiana	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Disentería bacilar	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Enfermedades diarreicas (inclusive la disentería amebiana y bacilar)	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Cólera	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Hepatitis A	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Fiebre paratifoidea y tifoidea	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.
Poliomielitis	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.

7.2.2 La calidad de las aguas superficiales en México y su impacto en la salud de la población

En las últimas décadas, en México, como en la mayoría de los países del planeta, el agua se ha convertido en un tema central en las perspectivas del desarrollo. (Pérez, 2003), menciona que la problemática del agua es de una magnitud equivalente al tamaño del país, y que los arreglos institucionales vigentes no han sido lo suficientemente apropiados para detener y revertir la situación de escasez y contaminación existente.

Actualmente, en todo el territorio nacional, la Comisión Nacional del Agua realiza 135 muestreos para análisis de la calidad del agua, de éstos, solamente dos se ubican en la Región Administrativa Frontera Sur, donde se localiza la cuenca de San Cristóbal de Las Casas (CNA, 2005). En relación con la calidad del agua suministrada, los datos disponibles que corresponden al año 2003, apuntan que, en el caso del estado de Chiapas, 93% del agua suministrada era potabilizada (CNA, 2005). Pero en el mismo año, los datos de la misma fuente de información, indican que, en cuanto a la eficiencia de cloración, Chiapas se encontraba en peor situación a los demás Estados, con una eficiencia de solamente 60%. A nivel mundial en los países en desarrollo, se da tratamiento a menos del 10% del agua usada, situación no muy diferente a la de México, donde los porcentajes están cerca del 20%, ya sea en cuanto a agua utilizada en servicios urbanos o industriales (CNA, 2005). Esto significa que la inmensa mayoría del líquido se vierte a ríos, lagos o mares sin ningún tratamiento previo, ocasionando la contaminación de éstos y en consecuencia, la reducción de agua disponible para el consumo humano.

7.4 Normatividad para el suministro de agua potable

Es indispensable conocer suficientemente las normas relativas al suministro de agua potable ya que ellas definen las funciones y responsabilidades de quienes suministran el servicio y constituyen la base para que la autoridad competente determine si se está prestando o no el servicio debido (CONAGUA, 2007). En este aspecto el marco normativo está conformado por la siguiente tabla:

Tabla 3. Normatividad del suministro de agua potable (CONAGUA, 2007).

NOM-013-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo.
NOM-112-SSA1-1994	Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
NOM-117-SSA1-1994	Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM 012-SSA1-1993	Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.
NOM-014-SSA1-1993	Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados
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
NOM-179-SSA1-1998	Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento público

7.5 Plantas purificadoras de agua potable

Las plantas de purificación de agua se definen como plataformas hidrotecnológicas cuya función es el saneamiento del agua, procedente de fenómenos naturales como la lluvia, pozos y redes municipales, eliminando los virus, bacterias, metales pesados, sólidos totales y sales disueltas contenidas en el agua. Así mismo, considerando que poseen suma versatilidad, permiten que sean tomadas distintas calidades de agua, en función de su uso y posibilidades del consumidor (Esquivel, 2008). Por otro lado, las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta. También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente (De Vargas, 2004).

En relación con el agua purificada, se refiere a todos los tipos de agua de la que se eliminan los productos químicos a través de diferentes procesos tales como, cloración, filtración por lecho profundo, filtración por carbón activado (adsorción), desmineralización por intercambio iónico osmosis inversa, luz ultravioleta y ozonización (Maceira, 2002). El más simple de estos son los filtros de agua que ayudan a resolver algunos de los compuestos químicos que se encuentran en el agua del grifo. Como su nombre lo dice es agua potable que se somete a diferentes procesos de purificación, para poder lograr los estándares de calidad que le dan el nombre de agua purificada, que generalmente son más estrictos que los del agua potable normal.

7.5.1 Tipos de herramientas de regulación sanitaria de plantas purificadoras

En este apartado se describe las herramientas de regulación utilizadas por la Secretaría de Salud para llevar a cabo las auditorías sanitarias. La primera herramienta es la lista de verificación de 90 puntos por escrito que se utiliza para comprobar la existencia de evidencia que manifiesta el cumplimiento de la NOM-201-SSA1-1994. La segunda es un examen microbiológico del agua purificada que sirve para evaluar la calidad del producto y demostrar si existe riesgo para la salud de los consumidores.

Estas dos herramientas de regulación sanitaria son emitidas por las jurisdicciones de la Secretaría de Salud en toda la República Mexicana por el medio de "Órdenes de visita de verificación sanitaria ". Cada una de ellas se emite de manera independiente, es decir, que si se aplica auditoría no necesariamente debe de haber muestro para análisis microbiológico y viceversa.

7.5.2 Personas involucradas en plantas purificadoras

Al realizar una auditoría en una purificadora de agua, lo que se encuentra bajo auditoría son los procesos y el producto. Las personas no son objeto de auditoría, sin embargo, si tienen funciones y responsabilidades en la realización de la auditoría. Las personas involucradas en el sistema socio-técnico de las plantas se muestran en el siguiente modelo.

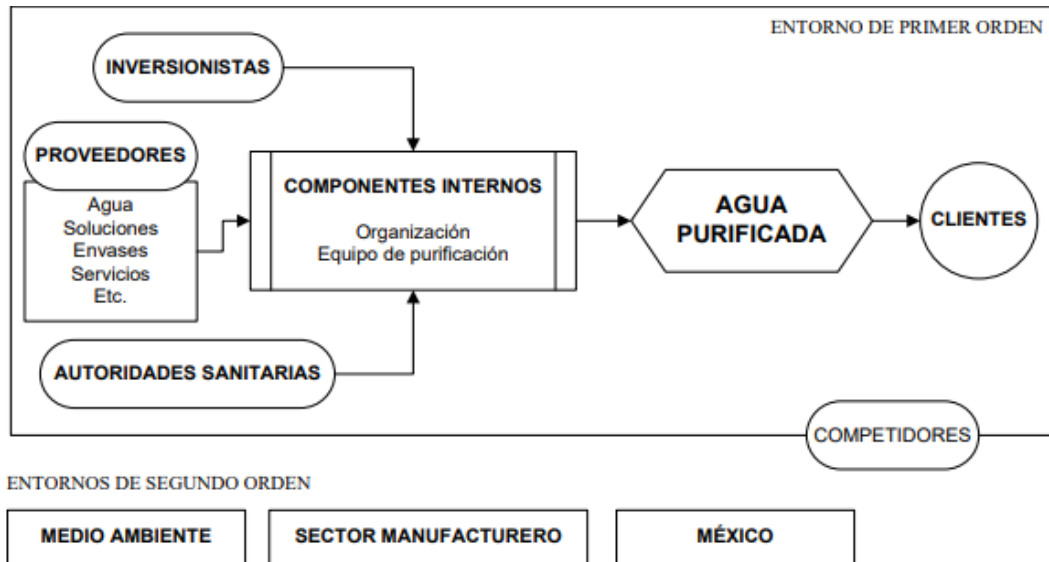


Figura 5. Modelo de las micro plantas purificadoras de agua en México.

El modelo anterior se desarrolló con base en la experiencia e interacción con el sistema en estudio. En un entorno de primer orden los elementos involucrados son los dueños, empleados, proveedores, clientes y autoridades sanitarias. El dueño es el inversionista que inyecta dinero a la planta purificadora y es quién se considera que conoce el funcionamiento de las cosas. Los empleados en microempresas dedicadas a la purificación del agua son muy pocos, en la mayoría de los casos son familiares o conocidos del dueño, donde pueden tomar roles de trabajadores de producción, reparto o ventas. Por su parte, los proveedores de una planta son los que la abastecen de insumos básicos como agua potable, soluciones, químicos, botellas, garrafones, etiquetas, tapas y servicios como son los análisis microbiológicos. Los clientes son los consumidores finales del producto y son sus compras las que mantienen en el mercado a las microempresas purificadoras de agua. Por último, la autoridad sanitaria a cargo es la Secretaria de Salud, quienes son los auditores que por medio de las coordinaciones regulatorias sanitarias locales auditan a las microempresas en cada una de sus localidades.

7.5.3 Procesos de purificación del agua

El proceso de purificación de agua consiste en un tratamiento físico y químico que tiene como objeto eliminar contaminantes que podrían representar un riesgo. Así como también juega un papel clave para garantizar el acceso al agua en el mundo. En la actualidad, existen diversos métodos de purificación del agua, uno de ellos es a través del trato de agua subterránea que suele ser relativamente barata de tratar, sin embargo, los acuíferos generalmente tienen un rendimiento limitado y pueden tardar miles de años en recargarse. Otra opción es a través de fuentes de agua superficial, aunque éstas deben monitorearse cuidadosamente para detectar la presencia de tipos o niveles inusuales de contaminantes microbianos causantes de enfermedades (Rojas, 2020). Por esta razón las cisternas o tanques de almacenamiento deben estar protegidos contra la contaminación, corrosión y permanecer tapados. En el caso de las cisternas, las tapas deben estar a una altura mínima de 10 centímetros del piso y su diseño debe evitar la entrada de agua, materia extraña o polvo al interior. Las paredes interiores de las cisternas o tanques deben ser o estar revestidas en su totalidad de material impermeable no tóxico, liso y fácil de lavar y desinfectar, las uniones deben ser fáciles de limpiar. En la Figura 4, se describe los procesos de producción de agua. Del cual, debe contar preferentemente con un filtro a la entrada de la cisterna o tanque de almacenamiento (Zárate, 1999; NOM-201-SSA1-2002).

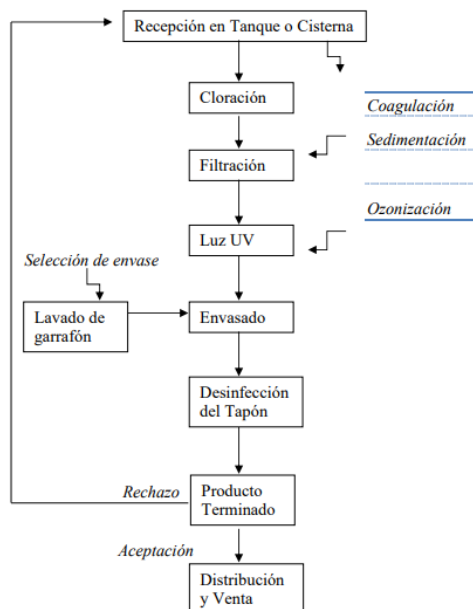


Figura 6. Proceso de producción de agua purificada (Zárate, 1999).

7.5.3.1 Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es una tecnología que permite separar, mediante la aplicación de presión, el solvente de una disolución concentrada. El solvente atraviesa una membrana, semipermeable, pasando de la solución concentrada a la solución diluida. Mediante la ósmosis inversa se acaba obteniendo dos flujos, por un lado, el solvente prácticamente puro y por otro lado, una solución aún más concentrada que la solución de partida, así como lo muestra la figura 7. Con este proceso elimina cualquier contaminante o de elementos que contiene el agua, como el plomo, cloro o posibles virus y bacterias (Royo, 2020).

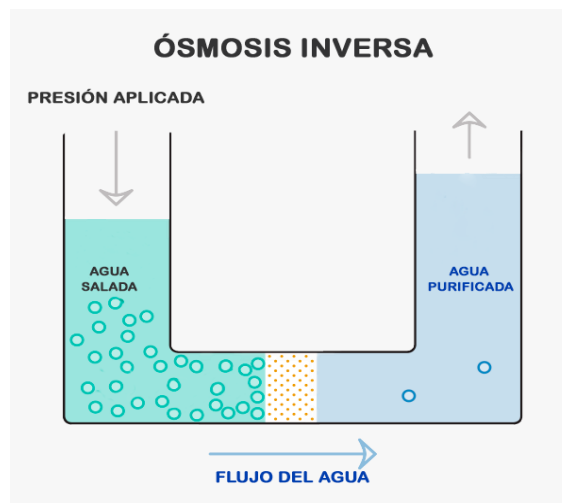


Figura 7. Proceso de ósmosis inversa (Martínez, 2020).

7.5.3.2 Adsorción

Los sistemas de adsorción tratan el agua mediante la adición de una sustancia, como carbono activado a la fuente de suministro de agua. Se utiliza para eliminar fenoles, hidrocarburos aromáticos, nitrados, derivados clorados, así mismo elimina olor, color y sabor, debido a que los adsorbentes atraen a los contaminantes mediante procesos químicos y físicos que causan que estos queden inmovilizados mientras pasa el agua (Fuentes *et al.*, 1998).

7.5.3.3 Filtración gruesa

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos (habitualmente de menos de 100 m²) que contienen arena de sílice (con granos de 0,5 a 1,0 mm) hasta una profundidad de 0,6 a 2,0 m. El agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El caudal unitario es generalmente de 4 a 20 m³ (m²·h). El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente de colmatando el filtro mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ocasiones, la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse. Además de los filtros de arena en capa homogénea, se utilizan filtros bicapa o multicapa. Estos filtros están constituidos por materiales diferentes, de modo que su estructura pasa de gruesa a fina conforme el agua avanza a través del filtro (OMS, 2006).

7.5.3.4 Filtración de carbono activado

El término carbón activado existe comercialmente en diversas formas físicas entre las que destacan: el carbón activado en polvo y el carbón granular (Vidal, 2009). Como también engloba un amplio espectro de materiales constituidos fundamentalmente de carbono, que se preparan especialmente para que tengan una alta superficie interna y una elevada porosidad, la cual permitirá adsorber compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución. Las aplicaciones del carbón activado se basan fundamentalmente en sus buenas propiedades adsorbentes (alta superficie y porosidad). Algunos de esos contaminantes retenidos en el carbón activado son:

- Contaminantes orgánicos: colorantes y compuestos coloreados, gran cantidad de compuestos aromáticos (derivados bencénicos, fenoles, compuestos aromáticos nitrados, etc.), pesticidas, diversas macromoléculas orgánicas.
- Contaminantes inorgánicos: ácido hipocloroso y cloro, amoníaco, cloruro de mercurio (II), cianuros, dicromatos, yodo, molibdatos, permanganatos, etc.

7.5.3.5 Cloración

La desinfección se entiende como la reducción del número de microorganismos a un nivel que no da lugar a contaminación del producto, mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos. El cloro sigue siendo el desinfectante más utilizado en México, debido a su eficacia en la reducción y control de enfermedades, así como su bajo costo. Los desinfectantes más comúnmente usados son cloro libre, cloraminas, dióxido de cloro y ozono. Cada uno de los desinfectantes que se emplean comúnmente tiene sus ventajas e inconvenientes en función de su costo, eficacia, estabilidad, facilidad de aplicación y formación de subproductos de la desinfección. El cloro es el desinfectante de agua potable más comúnmente usado. Cuando se agrega al agua, se produce la siguiente reacción en un segundo o antes (Traverso, 1996).

7.5.3.6 Luz ultravioleta

La desinfección UV puede lograrse con ondas de luz de 240 a 280 nanómetros (nm) de longitud, la máxima eficiencia germicida se obtiene a unos 260 nm. La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección de la propia radiación UV, pero sí ejerce su efecto en la producción operativa de la lámpara. La energía ultravioleta es absorbida a medida que pasa a través de la pared de la lámpara UV, el cuarzo o la manga de teflón y las paredes del reactor. También es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, la turbiedad, el color y la propia agua en menor grado. Con respecto a un grado determinado de inactivación de los microorganismos, el tiempo requerido de exposición del agua a la luz UV es inversamente proporcional a la intensidad de la luz que penetra el agua, una vez consideradas la capacidad de absorción del agua y la dispersión de la luz debida a la distancia. Las ventajas de la desinfección con luz UV es que no se requieren productos químicos, el tiempo de exposición puede ser muy corto y es eficaz para una gran variedad de microorganismos. Estos tres factores son especialmente importantes en la desinfección del agua embotellada (Witt y Reiff , 1995).

7.5.3.7 Ozono

El ozono es el desinfectante más eficaz para cualquier tipo de microorganismos. Los niveles de concentración y los períodos de contacto para inactivar o matar los agentes patógenos transmitidos por el agua, son mucho menores que los del cloro libre u otro desinfectante que se emplee en los sistemas de abastecimiento de agua. El ozono también debe establecer contacto rápidamente con los microorganismos, antes de que se disipe. La capacidad de reacción del ozono ante sustancias orgánicas se puede emplear ventajosamente para eliminar los compuestos transformados que se han vuelto biodegradables con la filtración posterior a la ozonización (Witt y Reiff, 1993).

7.5.3.8 Lavado de garrafón

El proceso de lavado de garrafón es considerado una de las etapas críticas en el proceso de producción de agua purificada, durante el análisis de riesgos del proceso de producción se ha determinado que esta operación es un punto crítico y debe controlarse dentro de ciertas especificaciones que establezca el fabricante. Durante la aplicación de la metodología de análisis de riesgos, se ha determinado que en esta etapa existe un riesgo de contaminación del producto tanto química, física o bacteriológica. Por lo tanto, el lavado de garrafones debe hacerse en un área cerrada específica para ese fin. Para el caso de envases retornables, éstos deben ser sometidos a procesos de lavado y desinfección interna, lavado externo, así como enjuague. Después de estas operaciones no deben quedar residuos de las sustancias utilizadas (NOM-201-SSA1-2002).

7.5.3.9 Envasado

La zona de envasado deberá estar totalmente aislada de las demás operaciones para evitar una contaminación del producto con el medio exterior. Se deberá elaborar un registro de limpieza de boquillas de la llenadora. El operario deberá lavarse las manos con un sanitizante, observar buena higiene personal y utilizar el equipo de protección personal antes de comenzar a laborar. Al finalizar el turno de producción deberá sanitizar la línea de llenado y boquillas, antes de iniciar labores deberá enjuagarse la línea con agua purificada (NOM-201-SSA1-2002).

7.5.3.10 Desinfección de tapas

Las tapas deberán ser desinfectadas previamente a su colocación en el envase y los operarios deberán lavarse las manos previamente con un sanitizante para evitar la contaminación del producto (NOM-201-SSA1-2002).

7.5.3.11 Producto terminado

Deberá vigilarse que se retiren los garrafones que no reúnen los requisitos de limpieza o que presenten materia extraña en suspensión. La selección deberá realizarse a través de lámparas de luz blanca y llevar un registro de los garrafones retirados. Además, deberá realizarse análisis organoléptico del producto terminado (color, sabor y olor) en cada lote, así como análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del producto terminado, con la periodicidad que establece la norma (NOM-201-SSA1-2002).

8. METODOLOGÍA

8.1 Aspectos generales

Los siguientes análisis fisicoquímicos y microbiológicos se llevaron a cabo en el laboratorio de análisis instrumental del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).

8.2 Obtención de muestras

Se tomó muestras de agua de las 2 purificadoras de agua, los nombres de estas purificadoras se mantuvieron anónimos debido a que no quería tener consecuencias a largo plazo por ello permitieron la toma de agua manteniendo un nombre anónimo, por lo que se les denominó purificadora “A” y purificadora “B”, ubicadas en el barrio de San Ramón del municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.



Figura 8. Localización de las purificadoras en el barrio San Ramón de San Cristóbal de Las Casas.

8.3 Determinación de análisis fisicoquímicos

8.3.1 Determinación de turbiedad

La turbiedad en agua se debe a la presencia de partículas suspendidas y disueltas, la determinación de la turbiedad es muy útil como indicador de la calidad del agua, y juega un papel muy importante en el desempeño de las plantas de tratamiento de agua, formando como parte del control de los procesos para conocer cómo y cuándo el agua debe ser tratada. Se determinó la turbiedad de las muestras siguiendo lo indicado en el método de atenuación de radiación, para lo cual se utilizó un turbidímetro de Hach, previo se enjuagaron la celda dos veces con muestra para evitar errores por dilución, se homogenizaron las muestras y se realizaron tres lecturas por cada muestra.

8.3.2 Determinación de pH

El PH es el parámetro más importante utilizado en la evaluación de las propiedades corrosivas de un medio ambiente acuático. Así mismo, es importante para el funcionamiento efectivo de los procesos de tratamiento de aguas y su control, por ejemplo, floculación y desinfección con cloro, el control de disolución de metales en canales y conductos y tratamiento biológico de aguas. Se determinó el pH de las muestras siguiendo lo indicado en la NMX-AA-008-SCFI-2016 para lo cual se utilizó el aparato Hanna hi8424, previo a las lecturas se calibro el equipo para evitar errores, por cada muestra se sumergió el electrodo, agitando levemente esperando a que la lectura de pH se estabilice para obtener las lecturas.

8.3.3 Determinación de dureza

La dureza se entiende como la capacidad de un agua para precipitar al jabón y esto está basado en la presencia de sales de los iones calcio y magnesio. La dureza es la responsable de la formación de incrustaciones en recipientes y tuberías lo que genera fallas y pérdidas de eficiencia en diferentes procesos industriales como las unidades de transferencia de calor. Se determinó la dureza de las muestras siguiendo lo indicado en el método volumétrico (HACH 8226 adaptado de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater), para lo cual se tituló una muestra de 50 ml de titulante usando 0.020 N en 10.3 ml y 10.46 ml de titulante para calcular la concentración $\text{ml de titulante} \times \text{multiplicador} = \text{mg/L dureza total como CaCO}_3$.

8.3.4 Determinación de nitritos

El nitrito considerado como una etapa intermedia en el ciclo del nitrógeno puede estar presente en el agua como resultado de la descomposición biológica de materiales proteicos. En aguas superficiales crudas, indican contaminación. También se puede producir el nitrito en las plantas de tratamiento o en los sistemas de distribución de agua, como resultado de la acción de bacterias sobre el nitrógeno amoniacal. Se determinó los nitritos de las muestras en base a lo indicado en el método de diazotización por ello se utilizó HACH 8507 con lo cual primero se ingresó el número de programa almacenado para bolsas de polvo de nitrógeno de nitrito de bajo intervalo ($\text{NO}_2\text{-N}$). Presionando, 3 7 1 enter, hasta que la pantalla muestre fijar nm par 507, una vez mostrado se girando el cuadrante de longitud de onda hasta que la pantalla pequeña muestre: 507 nm mostrando rápidamente. Cuando mg/L $\text{NO}_2\text{-N}$ LR, teniendo ya ajustado se insertó el elevador de celda para celdas de 10 ml , se llenó una celda de muestra de 10 ml con 10 ml de muestra agregándole una bolsa de polvo de reactivo de nitrito NitriVer, así mismo agitándolo para disolver el polvo, después se presionó el botón SHIFT TIMER con un periodo de 20 minutos, terminando los 20 minutos , se añadió una segunda celda en el soporte con 10 ml y 10 ml de blanco para cerrar el escudo para la luz , presionando el botón zero para extraer el tapón de la muestra preparada. Y cerrando el escudo para la luz. Finalmente se presionó el botón read hasta que la pantalla mostro el resultado en mg/l de nitrito expresado como nitrógeno ($\text{NO}_2\text{-N}$).

8.3.5 Sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con abertura de 1,5 micras que pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua, un efluente o un proceso de varias formas, en plantas potabilizadoras. Se determinó los sólidos disueltos totales de las muestras siguiendo la NMX-AA-034-SCFI-2015 para cual se tomó 50 ml de agua transfiriéndolo a la placa ya pesada y evaporada a la estufa secado aproximadamente una hora a una temperatura de $103^\circ\text{-}105^\circ\text{C}$, una vez pasado el tiempo se enfrió la capsula en el desecador para equilibrar la temperatura y pesar.

8.4 Determinación de análisis microbiológicos

8.4.1 Determinación de coliformes totales

Los coliformes son bacilos gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35° C fermentan la lactosa con formación de ácido, ocasionando en las colonias desarrolladas el vire del indicador rojo neutro presente en el medio y la precipitación de las sales biliares. Se determinó los coliformes totales de las muestras siguiendo la NOM-181-SSA1-1998 por ello se utilizó el método del sustrato cromogenico, con lo cual se seleccionaron tubos colocándoles 10 ml de muestra, tapando herméticamente y agitando vigorosamente para disolver, una vez disuelto se colocó sustrato enzimático pre-pesado a 100 ml de muestra en un vaso, estéril, tapándolo asépticamente y mezclando vigorosamente para disolverlo. Finalmente se incubo a 35° C por 24 horas.

8.4.1 Determinación de coliformes fecales

Los coliformes son bacilos gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35° C fermentan la lactosa con formación de ácido, ocasionando en las colonias desarrolladas el vire del indicador rojo neutro presente en el medio y la precipitación de las sales biliares. Se determinó los coliformes fecales de las muestras siguiendo la NOM-181-SSA1-1998, por lo cual se utilizó el método del sustrato cromogenico, en donde se seleccionaron tubos colocándoles 10 ml de muestra, tapando herméticamente y agitando vigorosamente para disolver, una vez disuelto se colocó sustrato enzimático pre-pesado a 100 ml de muestra en un vaso, estéril, tapándolo asépticamente y mezclando vigorosamente para disolverlo. Finalmente se incubo a 35° C por 24 horas.

8.5 Funcionamiento de las purificadoras

Se hizo una visita a las purificadoras A y B con tablas que se muestran en el apartado 9.5 de resultados donde fueron establecidos conforme a la NOM-160-SSA1-1995 de bienes y servicios buenas prácticas para la producción y venta de agua purificada, donde se pudo corroborar la falta de conocimiento que se tiene acerca de la sanidad de los centros purificadores de agua ya que los trabajadores como los administradores, no cuentan con una capacitación de medidas de higiene. Así mismo, los aparatos no cuentan con una limpieza, pasa por un periodo de tiempo en el que se acumulan un sinnúmero de bacterias dañinas para la salud. Causando un gran problema de salud pública ya que los microorganismos se

propagan en un medio que es vital para el ser humano y que sin este no habría vida como lo es el agua. A su vez las purificadoras no utilizan los equipos de protección personal como lo marca la NOM-201-SSA1-2002 ya que en la norma menciona que el personal que toma las muestras, se lavará las manos o en su defecto usará guantes desechables estériles, como también tiene que portar cubrebocas y cubre pelo. Por ello no existe una bitácora donde se establezcan las fechas en las cuales se hayan efectuado las operaciones de mantenimiento y limpieza de las cisternas, cajas, mangueras y conexiones de los vehículos de transporte. Como también no mantienen un control dentro de las instalaciones como lo marca la NOM-251-SSA1-2009 ya que escobas, trapeadores, fibras, entre otros, se deben almacenar en un lugar específico, evitando una contaminación del agua.

8.5.2 Aplicación de encuestas de tipo exploratorio

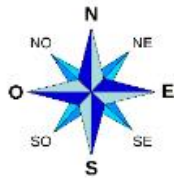
Se aplicaron 100 encuestas que se muestran en el anexo N°11.5 por consiguiente se realizaron en los establecimientos del mercado san ramón con los trabajadores, por lo cual se pudo corroborar la falta de conocimiento que se tiene acerca de la sanidad de los centros purificadores de agua ya que los habitantes únicamente la consumen por cuidar la economía, sin antes preguntar todas las medidas de higiene pertinentes. Así mismo, las familias cambian de garrafón aproximadamente cada 3-6 meses, periodo de tiempo en el que se acumulan un sinnúmero de bacterias dañinas para la salud, expresando que aproximadamente el 59% de la familia sufre enfermedades gastrointestinales con frecuencia, pese a ese gran porcentaje, el 39% de las familias opinan que la calidad del agua es “mala” o “buena” refiriendo que no encuentran notables diferencias con los garrafones comerciales, tomándola de manera habitual para hidratarse y/o cocinar. Causando un gran problema de salud pública ya que los microorganismos se propagan en un medio que es vital para el ser humano y que sin este no habría vida como lo es el agua.

Finalmente, como sugerencia resulta trascendente considerar que para la salud pública es muy importante que haya una corresponsabilidad donde exista un compromiso por parte de las autoridades gubernamentales y de la población ciudadana para erradicar esta problemática y en cuanto al gobierno se refiere, supervisar de manera exhaustiva los centros purificadores de agua, cumpliendo con todas las medidas sanitarias. Así como a los ciudadanos a tener más higiene, desparasitarse una vez cada 6 meses, cambiar el garrafón constantemente y verificar que este higiénico, así como el agua que consumimos. Hacer conciencia en las personas que los microorganismos que habitan en el agua puede causar enfermedades gastrointestinales severas.

8.5.3 Ubicación de la zona de aplicación de encuestas



UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE APLICACIÓN DE ENCUESTAS



NOMBRE: MAYRA ELIZABETH CANCINO CASTILLO
FECHA: 29 DE MAYO DE 2020
SRC: WGC UTM 8465 15N
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL
FUENTE: INEGI

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Determinaciones microbiológicas

La presencia de Coliformes totales, se puede deber a la obtención de agua contaminada, mal control de calidad en la purificación, contaminación cruzada durante el llenado, limpieza del almacenamiento en los tanques, entre otros (Benítez, 2013). Los resultados obtenidos de la calidad microbiológica en el presente trabajo se muestran en la Tabla 4, se analizaron dos muestras, las cuales no se observó la presencia de coliformes totales y fecales, obteniendo una concentración de 0 UFC/100 ml, respectivamente. Estos resultados nos indican en base a la (OMS, 1997) que las muestras estudiadas son aptas para el consumo humano, los procesos empleados son adecuados y no representa un riesgo para la salud ya que esta menciona que el agua no es un riesgo de transmisión de enfermedades cuando el conteo de coliformes es de 0 UFC/100 mL. Así también, la NOM-127-SSA1-1994, menciona que la cantidad permitida de coliformes totales es de 2 UFC/100 mL y fecales es de 0 UFC/100 ml para considerar inocuo un producto, por lo tanto, las muestras analizadas cumplen con lo establecido de acuerdo con la norma, excluyéndose de ser un riesgo para la salud del consumidor.

Ahora bien, los resultados obtenidos en el presente estudio, son similares de acuerdo lo reportado por Arriaza *et al.*, (2015); Silvia *et al.*, (2004) y Quinteros *et al.*, (2018), quienes evaluaron la presencia de coliformes totales y fecales en agua envasada, de los cuales, ninguna muestra presento coliformes fecales y totales, por lo tanto, están dentro límite máximo permisible. Por esta razón, estos autores mencionan que a pesar que el agua es tratada con diferentes métodos para su purificación, no asegura la esterilización de la misma. Debido a que cualquier bacteria presente puede adherirse a las paredes del contenedor, como consecuencia de los envases plásticos y su tendencia a ser más permeables al oxígeno y vapores externos (aire), así como también, los materiales plásticos liberan nutrientes que promueven el crecimiento de las bacterias en el agua.

Por su parte, Benítez *et al.*, (2013), realizaron un estudio de 10 marcas comerciales de agua envasada, en el cual la mayoría de muestras tuvo presencia de coliformes totales entre 9,2 a 2,2 NMP y para coliformes fecales entre 5,1 NPM, por lo tanto, sobrepasa el límite de la NOM-127-SSA1-1994 ya que el agua superficial donde se obtiene drena por superficies contaminadas de manera que no hay un proceso de purificación y un deficiente control del medio ambiente que rodea el lugar a causa de la falta de higiene durante del proceso de envasado, almacenamiento, distribución y filtración por consiguiente el suministro del agua tiene una relación

sobre el crecimiento en el consumo de agua embotellado o incluso de rellenadoras de agua. En contraste con el presente estudio realizado no hubo presencia de coliformes totales y fecales, sin embargo, aunque no siempre indican contaminación fecal del agua, no deben estar presentes en sistemas de abastecimiento, almacenamiento y distribución de agua, en razón de que, colonizan con frecuencia en las superficies interiores de las tuberías de agua o en tanques de almacenamiento, formando biopelículas cuando las condiciones son favorables, es decir, presencia de nutrientes en temperaturas cálidas o bajas concentraciones de desinfectantes.

Por lo cual el agua potable al ingresar al sistema de distribución, puede deteriorarse antes de llegar al consumidor ya sea por contaminación del propio sistema de distribución o por manejo intradomiciliario deficiente, el cual se agrava por el almacenamiento en cisternas, tinacos u otros depósitos defectuosos o manejados en forma inapropiada por lo tanto es importante los tratamientos eficientes que culminen en la desinfección total del agua, para que sea apta para consumo humano previniendo enfermedades gastrointestinales.

Tabla 4. Coliformes fecales y totales de agua de garrafón.

Consecutivo de laboratorio	Muestra	Coliformes totales (UFC/100 mL)	Coliformes fecales (UFC/100 mL)
26/20	Agua de garrafón muestra 1 (18/08/2020)	0	0
27/20	Agua de garrafón muestra 2 (18/08/2020)	0	0

9.2 Determinaciones fisicoquímicas del agua purificada

9.2.1 Determinación de pH

Se define pH como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno, la escala va de 0 (ácido) a 14 (alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C (Mora, 1999). Los resultados obtenidos en el presente trabajo se presentan en la Tabla 5, se obtuvieron valores de pH que variaron entre las dos muestras estudiadas, la muestra 1 presentó el valor más alto con 6.31, con respecto a la muestra 2; se obtuvo un valor de 6.12, ambas muestras estuvieron ligeramente inferiores de 6.5 – 8.5 señalado por la NOM-127-SSA1-1994 ya que el pH en agua potable debe encontrarse en un estado óptimo con un intervalo mínimo mencionado anteriormente, esto posiblemente puede deberse a que la calidad del agua cruda influye directamente en la calidad final del agua envasada, al mezclarse pueden quedar residuos de anhídrido carbónico, ácido o sales ácidas que se encuentran mezcladas entre sí, afectando la calidad final del producto (Catalán, 1969). Otra probable causa de la tendencia ácida que presentaron las muestras de acuerdo con Marín *et al.*, (2017), puede deberse a un exceso de cloro durante el proceso de tratamiento por parte de las empresas comercializadoras, con la finalidad de obtener un agua más clara y libre de color y de turbidez. Así mismo, cuando se aplica cloro a aguas con cierto nivel de impurezas, usualmente se forman sustancias indeseables como cloraminas y trihalometanos, lo cual provoca disminución del pH y provocar desequilibrios ácido-bases en el organismo (Sawyer *et al.*, 2001; Prieto *et al.*, 2012; Di Cristo *et al.*, 2015).

9.2.2 Determinación de turbidez

Un factor importante para el agua de consumo humano es su turbidez. Esta es producida por partículas suspendidas como arcilla, compuestos coloreados y microorganismos (Marcó, 2004). Así mismo se relaciona con deficiencias en el proceso de potabilización, específicamente con la falta de infraestructura de los acueductos para la remoción de sólidos (Enciso, 2017). Los resultados obtenidos en el presente trabajo se muestran en la Tabla 5, los valores variaron entre las dos muestras estudiadas, se obtuvo un valor de turbidez más alto en el caso de la muestra 2 con 7.0 FAU y para la muestra 1 se obtuvo un valor de turbidez de 6.33 FAU, estos resultados están por encima de lo permitido por la NOM-127-SSA1-1994, la cual establece que el límite permisible para la turbiedad tiene que ser 5.0 FAU. Esto se debe al proceso de desinfección ya que genera mayor crecimiento de microorganismos como son las bacterias estimulan su crecimiento y ejercen un

mayor uso de cloro (García, 2006), por esta razón, todos los procesos en los que se utiliza la desinfección, la turbiedad debe ser baja, para que este debajo de 1 UNF, para conseguir una efectiva desinfección.

Por otro lado, Lin *et al.*, (2004), mencionan que la turbiedad del agua cruda se mantiene inferior a 10 UNT en condiciones atmosféricas normales, mientras que a causa de tormentas tropicales y lluvias fuertes, la turbiedad del agua puede aumentar en centenas o miles en un día y aun continuar excediendo 100 FAU, provocado por el contenido de materias coloidales, minerales u orgánicas e indicios de contaminación ya sea por la eficacia de una planta de potabilización ya que tiene que cumplir con los estándares de la calidad de agua. En contraste con el presente estudio realizado los valores en la turbiedad están bajos, sin embargo, los procesos convencionales de una rellenas de agua, no determinan un valor admisible basado en criterios de salud, por lo cual la medida de la turbiedad de agua tratada sea idealmente menor de 0,1 FAU para una desinfección efectiva con el fin de evitar un peligro para la salud y prevenir los riesgos de que el agua potable se vehicule con tóxicos que se manifiestan en diversidad enfermedades crónica en los seres humanos.

9.2.3 Determinación de dureza

El agua dura es la que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos, en particular sales de magnesio y calcio (Zamora, 2009). Los resultados obtenidos en el presente trabajo se presentan en la tabla 5, los valores variaron entre las dos muestras estudiadas, en la cual se obtuvo un valor de dureza más alto en el caso de la muestra 2 con 209.33 mg CaCO₃/L y para la muestra 1 se obtuvo un valor de dureza de 206.33 mg CaCO₃/L, esto nos indica que los valores obtenidos en el presente trabajo están dentro de lo permitido por la NOM-127-SSA1-1994 con el límite de 500.00 CaCO₃/L, a pesar de ello el consumo de agua de la red constituye un factor de riesgo predisponente a la aparición de enfermedades a causa de las tuberías o los restos que deja el agua por los lugares que circula, en virtud del uso de agua en diferentes actividades, hace que altere las características físicas químicas, bacteriológicas y biológicas, afectando gravemente.

Por otro lado, de acuerdo con la OMS (2004), el agua dura se caracteriza por presentar un valor mayor a 180 mg CaCO₃/L, a causa de que contiene un alto nivel de minerales y posee cantidades variables de compuestos en partículas sales de magnesio que son las causantes de la dureza del agua, por lo cual al ser

incorporadas al consumo humano puede aumentar su incidencia en la salud, considerando que este tipo de aguas dificulta la limpieza. Por esa razón el agua de distribución pública aumenta su agresividad sobre las tuberías y aumenta un riesgo de corrosión de plomo en ellas. A causa de esto los filtros de arena o de carbono activado no eliminan el plomo del agua, por lo cual a las autoridades sanitarias son obligadas a extremar los controles y aumentar los tratamientos de agua para conseguir una calidad sanitaria aceptable.

Así mismo (Neira, 2006), realizó un estudio de análisis de dureza en aguas de consumo humano en el cual obtuvieron de agua dura con 300-500 mg/L de CaCO_3 y agua muy dura con < 500 mg/L de CaCO_3 , por ende está en valor que marca la NOM-127-SSA1-1994, a pesar de ello han surgido una variedad de enfermedades relacionadas con la dureza del agua que incluye ciertos defectos o anomalías del sistema nervioso como la anencefalia, mortalidad perinatal y varios tipos de cáncer, debido a los procesos para la remoción de dureza ya que son los más utilizados en donde la desventaja es que cambian el calcio y el magnesio por otros minerales, los cuales pueden ser nocivos para la salud.

Por lo cual Hernández *et al.*, (2017), mencionan que es importante controlar un nivel inferior a 100 mg/L CaCO_3 de dureza ya que puede tener una capacidad amortiguadora reducida y resultar debido a lo cual sea más corrosiva para las tuberías por lo que ciertos metales pesados como cobre, zinc, plomo y cadmio pueden estar presentes en el agua potable, así mismo su cuantificación determina la potabilidad del agua, debido a que la presencia de iones de calcio y magnesio en exceso puede producir problemas en la salud.

9.2.4 Determinación de sólidos disueltos totales

Los sólidos disueltos totales (SDT) comprenden las sales inorgánicas principalmente de calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos, entre otros, así mismo pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua (Martínez, 2020). Los resultados obtenidos en el presente trabajo se presentan en la tabla 5, los valores variaron entre las dos muestras estudiadas, se obtuvo un valor más alto de sólidos disueltos totales en la muestra 2 con 246 mg/L y en la muestra 1 de 233 mg/L, estas se encuentran debajo del límite de 1000 mg/L señaladas por la NOM-127-SSA1-1994, dado que los sólidos disueltos totales afectan la calidad del agua, modificando aspectos como el sabor, olor, color, dureza, turbiedad, entre otros. Los cuales provocan un rechazo de aceptación del consumidor a causa de la presencia de cloración.

Por lo tanto, es importante aplicar la desionización, es decir, el método en las plantas purificadoras municipales dado que no solo afecta la aceptabilidad estética, sino también interfiere en los procesos de desinfección con cloro eliminando bacterias, levaduras y total de sólidos disueltos, con la finalidad de tener la menor concentración de sólidos disueltos totales para una mejor calidad de agua.

Por otra parte, la NOM-041-SSA1-1993 de bienes y servicios de agua purificada envasada sugieren un máximo de 500 mg/L en agua potable debido a que un sólido disuelto total elevado proporciona al agua una apariencia turbia y disminuye el sabor. Por ende, la densidad del agua normalmente corresponde a un valor de 1,0000 mg/L, en virtud de ello las muestras de agua analizadas se encuentran en el parámetro que marca la NOM-127-SSA1-2994 con un valor entre 233 y 246 mg/L, lo que hace prever que se trata de agua con pocos sólidos disueltos, evitando presentar irritaciones gastrointestinales, del mismo modo también pueden inferir con equipos de tratamiento por esa razón es importante considerar instalar un sistema de tratamiento de agua.

En cuanto a Simanca *et al.*, (2016), realizaron un estudio de calidad física, química y bacteriológica del agua envasada, reportaron valores que oscilaron en un intervalo de 58 – 78 mg/L de sólidos totales debido a que la calidad del agua cruda influye directamente en la calidad final del agua envasada debido a las diferencias en los procesos de potabilización. Al contrario de Hernández *et al.*, (2017) donde reportaron un intervalo de 9.60 a 32 mg/L de SDT, debido a que el agua sin tratamiento adecuado, los sólidos disueltos totales afectan el sabor, provocan coloración y menos aceptación del consumidor. En contraste con lo anterior es importante tener cuidado cuando los niveles de sólidos disueltos totales están demasiados bajos ya que el agua puede tener un sabor plano al mismo tiempo tener un impacto en la salud humana provocando enfermedades, al contrario de tener un nivel alto ya que contiene cloraminas o incluso un sabor amargo metálico o salado, entre otros. Es por esto que se tiene que tener un nivel moderado de 500 mg/L de sólidos disueltos totales para darle al agua potable un sabor agradable, evitando los químicos dañinos que puedan probar enfermedades en la salud humana.

9.2.5 Determinación de nitritos

Los nitritos por sus propiedades físicas, no pueden olerse, ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosa cuando el nivel de nitrito es superior de 50 mg/L puesto que es detectada cuando se manifiesta un problema de salud (Pacheco *et al.*, 2003).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo se presentan en la tabla 5, los valores variaron entre las dos muestras estudiadas, en la muestra 1 se obtuvo un valor alto de nitritos con 0.02 mg/L y para la muestra 2 se obtuvo un valor de nitritos de 0.01 mg/L, lo que indica que el consumo de nitratos en el agua purificada, no excede el límite de 0.5 mg/L que marca la NOM-127-SSA1-1994, en razón de que en las aguas tratadas, el nivel del nitrito no suele superar los 0.01 mg/L, sin embargo el nitrito se halla en un estado de oxidación intermedio entre el amoníaco y nitrato, dado que los nitritos en concentraciones elevadas reaccionan dentro del organismo con aminas y amidas secundarias y terciarias formando nitrosaminas de alto poder cancerígenos y tóxico con valores entre 0.1 mg/L y 0.9 mg/L, a causa de que en aguas superficiales es muy baja pero suelen aparecer ocasionalmente en concentraciones inesperadamente altas debido a la contaminación de aguas residuales domésticas generando un riesgo para la población con un mayor riesgo en los niños menores de 6 años ya que la preparación del agua, se atribuye en presencia a la acción de las bacterias. Por esta razón en las purificadoras de agua el método de osmosis inversa es un tratamiento que conduce no solo a la eliminación de los nitritos en agua, sino que garantiza alcanzar los límites adecuados para considerar el agua tratada aceptable ya que consiste en forzar el movimiento del disolvente en sentido inverso, haciendo que atraviese la membrana semipermeable, dejando al nitrito al otro lado de la membrana para poder eliminarlos.

Por otro lado, Robles *et al.*, (2013), realizaron un estudio de calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo Axochiapan para la presencia de nitritos, donde no obtuvieron presencia de ellos, de tal forma que las muestras analizadas se encuentran de acuerdo al parámetro señalado a la NOM-127-SSA1-1994 así como las muestras analizadas en el presente trabajo con valores de 0.01 mg/L y 0.5 mg/L, en razón de que los nitritos en el agua de consumo público debe atribuirse fundamenta mental a una menor contaminación de los acuíferos por una mayor protección ambiental evitando enfermedades como la metahemoglobinemia, cáncer estomacal, diabetes, entre otros.

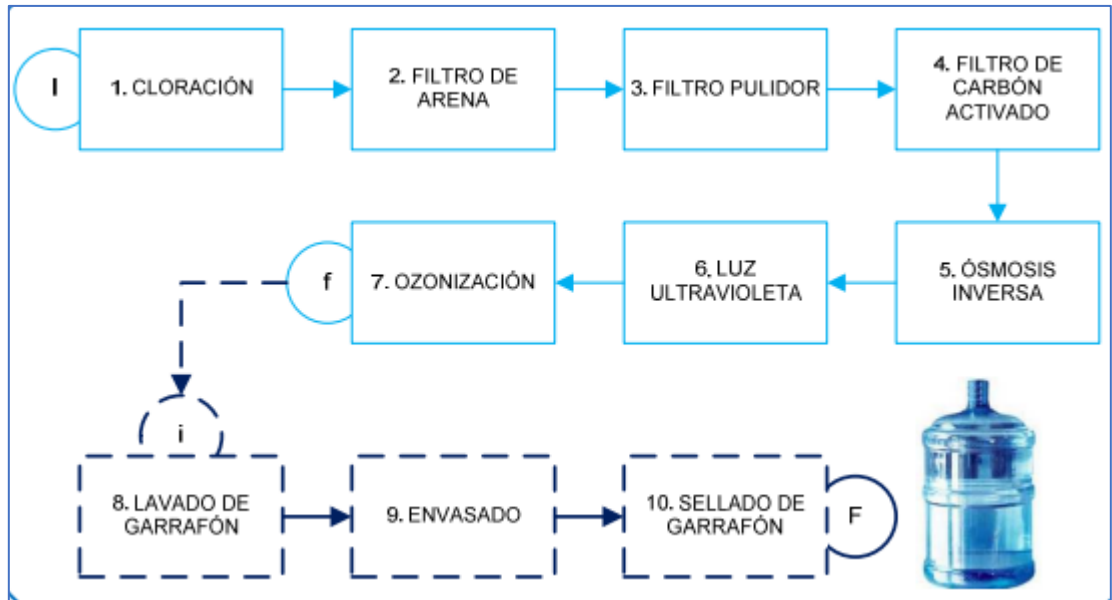
Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del agua de garrafón.

Consecutivo de laboratorio	Muestra	Sólidos disueltos totales (mg/L)	Turbidez (FAU)	Dureza (mg CaCO ₃ /L)	Nitritos (mg/L)	pH
26/20	Agua de garrafón muestra 1 (18/08/2020)	233.00	6.33	206.00	0.02	6.31
27/20	Agua de garrafón muestra 2 (18/08/2020)	234.00	7.00	209.33	0.01	6.12

9.5 Resultados del funcionamiento de las purificadoras

En contraste con los tipos de tratamiento de las purificadoras se muestran en el anexo 11.4. De igual manera realizan los siguientes pasos para la purificación del agua, como se muestra en la figura 9.

1. La cloración en cisternas que estén encargadas de desinfectar el agua utilizando el cloro de sus derivados como el hipoclorito de sodio o de calcio.
2. El filtro de arena que se encarga de eliminar las impurezas y algunos minerales del agua.
3. El filtro de carbón este procede a eliminar olor, sabor, color y exceso de cloro.
4. Los ablandadores que quitan la dureza del agua para que así se pueda pasar más fácil las membranas del sistema osmosis inversa.
5. El sistema de osmosis inversa que es el encargado de procesar el agua de forma que este apta para el consumo humano ya que divide los componentes orgánicos e inorgánicos del agua separando la parte mala de la buena.



DONDE:

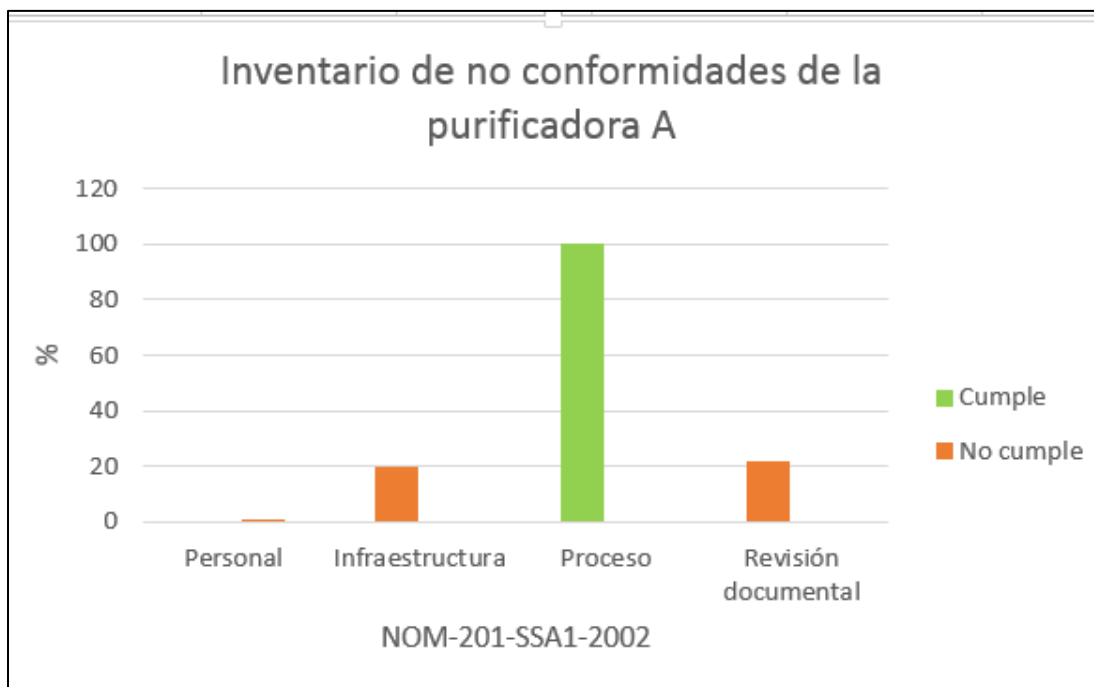


Figura 9. Procedimiento del tratamiento de las purificadoras de agua.

9.5.1 Resultados del inventario en el funcionamiento de las purificadoras

Se leyó en voz alta cada uno de los puntos de la norma NOM-201-SSA1-2002 por ello se analizaron cada punto de acuerdo a la norma para obtener evidencias objetivas de los puntos que se cumplían. Los puntos registrados de las dos purificadoras se encuentran en el Anexo N° 11.4. De igual manera se adjuntaron tablas realizadas, de ello se obtuvo los siguientes resultados:

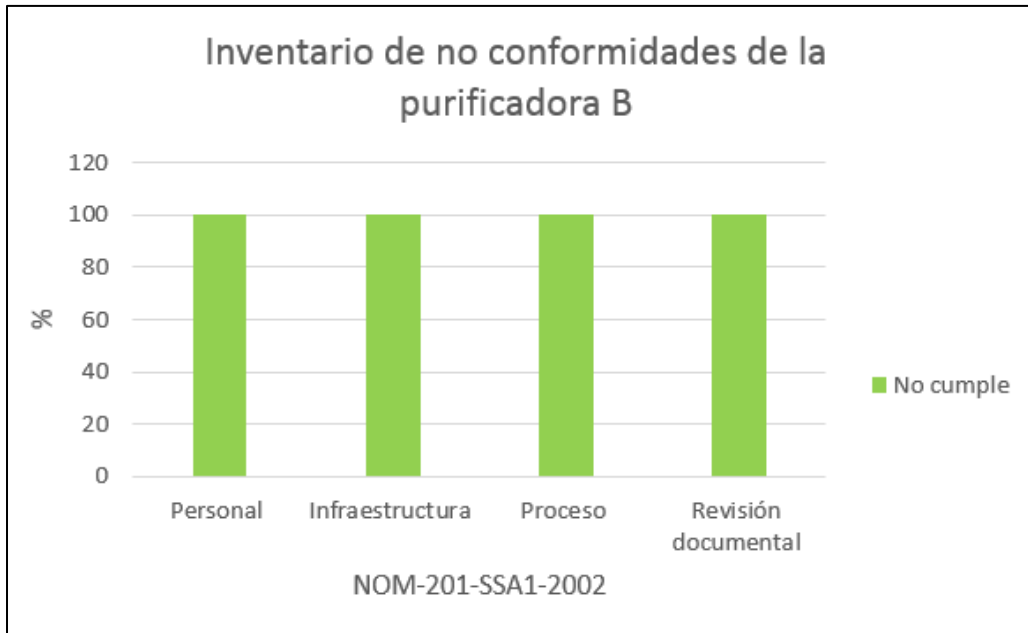
Gráfica 1. Funcionamiento de la purificadora A



Interpretación

La verificación del funcionamiento se realizó con ayuda del personal de trabajo incluyendo al dueño, donde se evaluó del 1-100 % de acuerdo a la NOM-201-SSA1-2002, siguiendo los puntos requeridos para el funcionamiento de una planta purificada, en dichos puntos se observó que no cumplía excepto en el punto del proceso que cumplía con el 100 % y el resto se convierten en causas no acredita por la auditoría.

Gráfica 2. Funcionamiento de la purificadora B



Interpretación

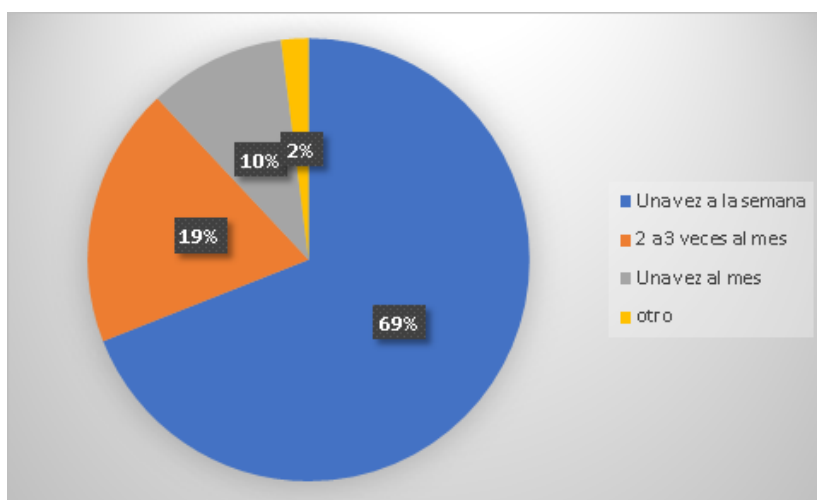
La verificación del funcionamiento se realizó con ayuda del personal de trabajo incluyendo al dueño, donde se evaluó del 1-100 % de acuerdo a la NOM-201-SSA1-2002, siguiendo los puntos requeridos para el funcionamiento de una planta purificada, en dichos puntos se observó que no cumplía con el 100 % en el personal debido a que no se realizó un programa de capacitación para todo el personal de la planta, donde incluye temas del proceso de embotellamiento de agua pura, incluyendo conceptos de higiene en la manipulación de alimentos, controles sobre el estado de salud de los empleados para evitar enfermedades contagiosas o heridas en contacto con los alimentos, a causa de que el dueño recalco que la vestimenta no es adecuada o el comer dentro de las instalaciones ha sido un foco de contaminación hacia el producto por lo cual se le debe dar instrucciones al personal y precisas tareas a realizar por ejemplo el uso de carteles. Por otra parte, en el funcionamiento de las maquinas, los empleados desconocían la información acerca de los equipos, debido a que es muy poca la elaboración de fichas técnicas en donde se ordena y detalla el rendimiento que ha tenido la llenadora, formando registros que ayudan a mantener eficiente el funcionamiento. De igual manera la documentación es indispensable para poder conocer el producto y determinar de manera más fácil y rápida las causas de los defectos que se pudiera presentar o los posibles focos de contaminación y en caso de no ser seguros para el consumo humano, permitirá rastrearlo y retirarlo del mercado.

9.6 Resultados de las encuestas

Se llevaron a cabo las encuestas los días 23 y 24 de julio del 2020, situado en el Anexo N° 11.05, en donde se ejecutó la encuesta a los trabajadores del mercado san ramón de la localidad de san Cristóbal de Las Casas para lo cual se realizó 100 encuestas a los puestos de comida, frutas, verduras, pollos, así como también establecimientos de comida dentro del mercado. La encuesta consistió en 11 preguntas en el que se obtuvo los siguientes resultados. La encuesta consistió de las siguientes preguntas:

1. ¿Con que frecuencia rellena el garrafón de agua?

Gráfica 3. Frecuencia del relleno de garrafones

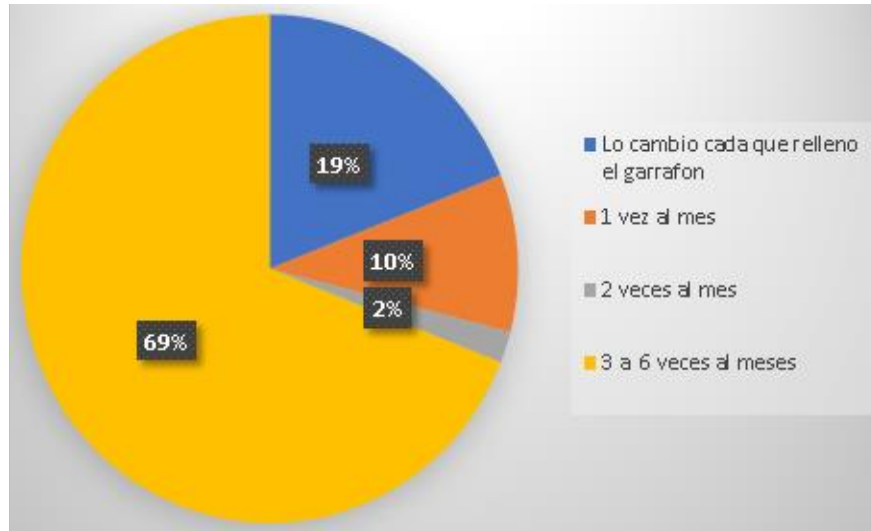


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados el 69 % de personas mencionan que rellenan su garrafón una vez a la semana, el 19% 2-3 veces a la semana, el 10% una vez al mes y el 2% menciona otro ya que lo rellanaban diariamente, no rellanaban garrafones o 2 veces a la semana.

2. ¿Cuánto tiempo tiene con el mismo garrafón de agua?

Gráfica 4. Frecuencia con el mismo garrafón

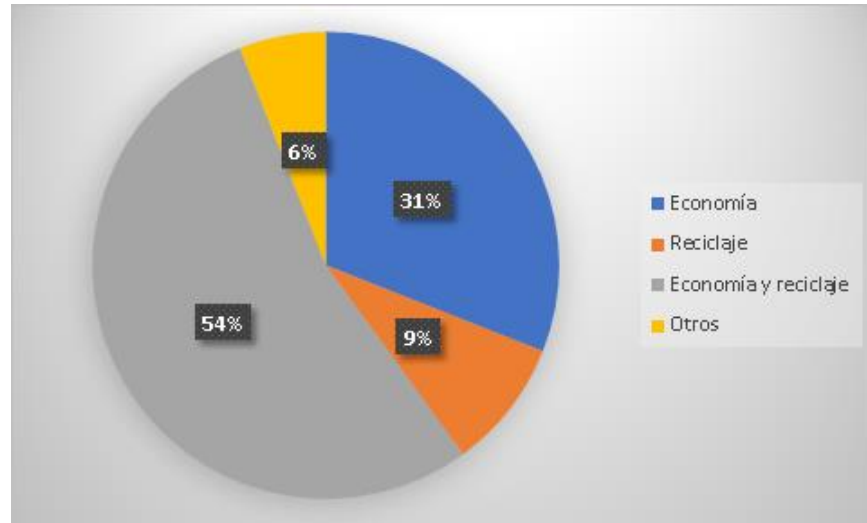


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 69% de personas mencionan que cambian su garrafón cada 3 a 6 veces al mes, el 19% lo cambia cada que lo rellenan, el 10% lo cambia 1 vez al mes y el 2% cada 2 veces al mes.

3. ¿Por qué compra garrafones rellenables?

Gráfica 5. Compra de garrafones rellenables

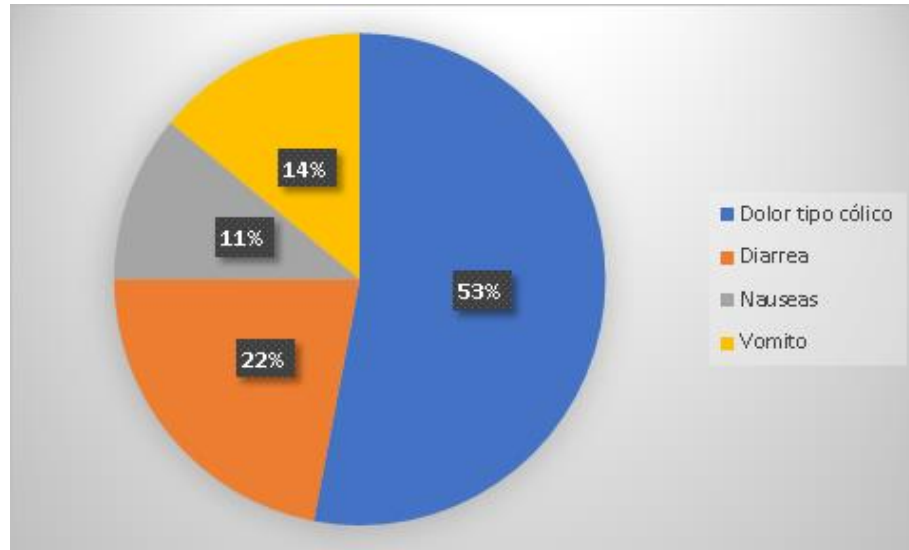


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 31 % personas mencionan que compra garrafones por economía, el 9% los compra por reciclaje, el 54% los compra por economía y reciclaje y el 6% no compra garrafones rellenables o no rellena garrafones.

4. ¿Ha presentado alguno de los siguientes síntomas?

Gráfica 6. Presencia de síntomas por el agua

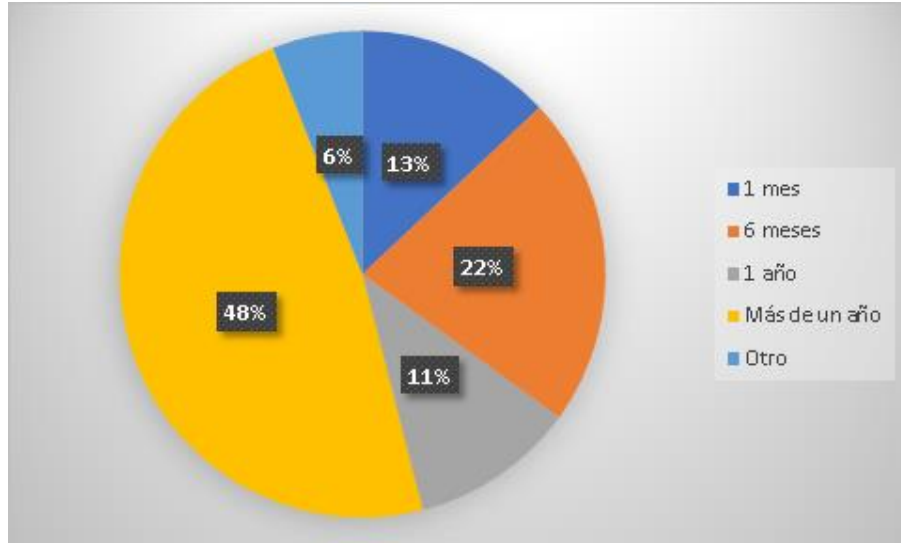


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados el 53% de las personas mencionan que ha presentado cólicos, el 22% ha tenido diarrea, el 11% ha tenido náuseas y el 14% ha sufrido vomito.

5. ¿Cuánto tiempo lleva rellenando garrafones de agua?

Gráfica 7. Tiempo rellenando garrafones

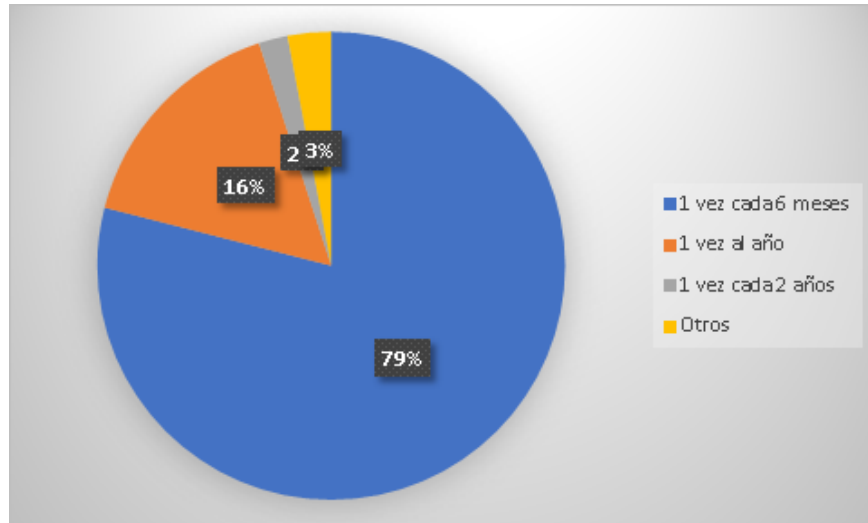


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados el 13% de personas mencionan que ha rellenado por 1 mes su garrafón, el 22% lo ha rellenado por 6 meses, el 11% lo ha rellenado por más de un año, el 48% lo ha rellenado más de un año y el 6% algunos no han rellenado garrafones o llevan semanas.

6. ¿Con que frecuencia se desparasitan en el hogar?

Gráfica 8. Desparasitación en el hogar

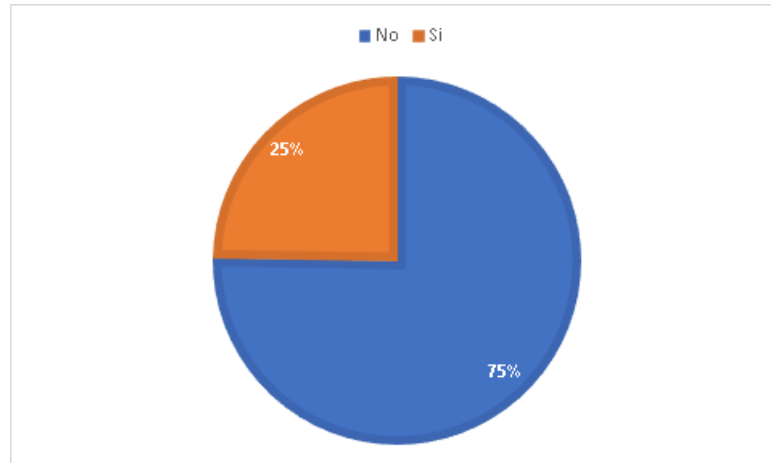


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 79% de personas mencionan que se desparasitan cada 6 meses, el 16% 1 vez cada año, el 2 % 1 vez cada dos años y el 3% nunca se desparasitan o no sabían.

7. ¿Conoce las reglas sanitarias pertenecientes para la venta de garrafones rellenables?

Gráfica 9. Conocimiento de las reglas sanitarias para la venta de garrafones

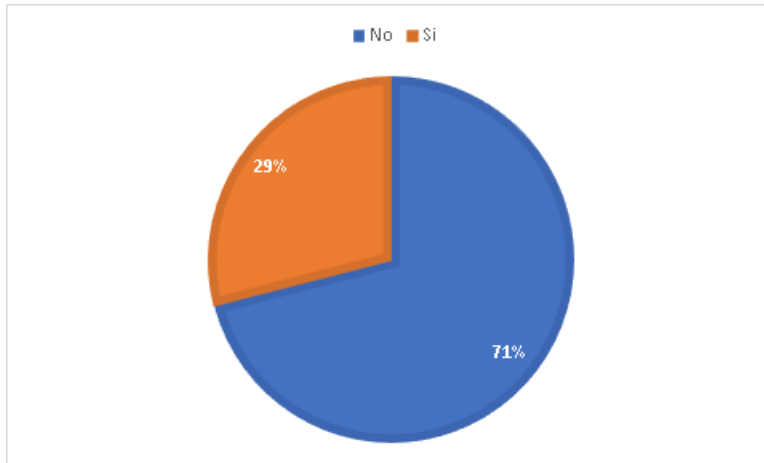


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 76% de las personas mencionan que desconoce las reglas para la venta de garrafones, así mismo el 24% sabían de dichas reglas.

8. ¿Confía en la higiene de los establecimientos de agua rellenable?

Gráfica 10. Confianza de la higiene de los establecimientos de agua rellenable

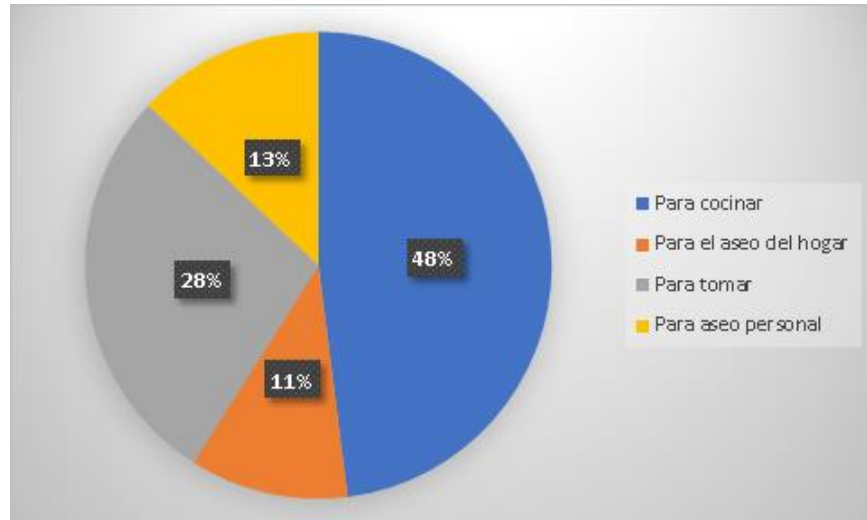


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 71% de personas mencionan que no confía en los establecimientos debido a que no pueden confiar algo que no pueden ver y el 24% confía en ellos

9. ¿Para qué utiliza el agua de los garrafones?

Gráfica 11. Utilización del agua de los garrafones rellenables

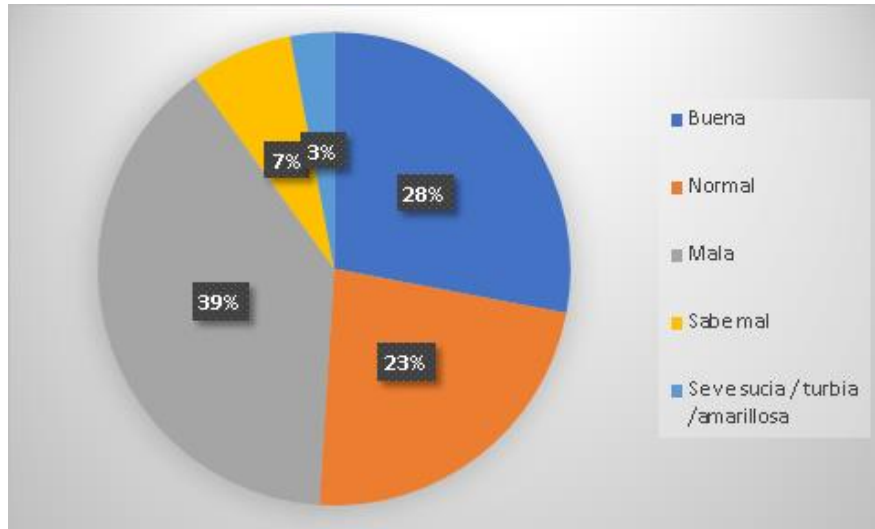


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 48% de las personas mencionan que utilizan el agua de garrafón para la cocina, el 11% para el aseo del hogar ya se para lavar ropa, trastes o trapear, el 28% para tomar y el 13 % para aseo personal.

10. ¿Cómo valoras la calidad del agua? (sabor, olor, color, potabilidad)

Gráfica 12. Valores de la calidad del agua

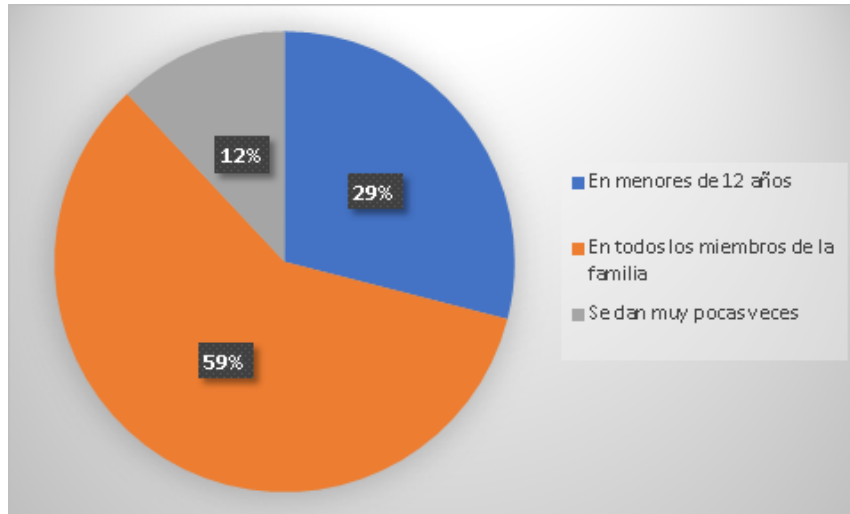


Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 28% personas mencionan que el la calidad del agua es buena, el 23% menciona que la calidad del agua es normal, el 39% menciona que la calidad del agua es mala, el 7% menciona que la calidad del agua sabe mal y el 3% menciona que la calidad del agua se ve sucia, amarillosa o turbia.

11. ¿Los casos de diarrea, dolores de panza, infecciones estomacales / intestinales son comunes en tu familia / casa?

Gráfica 13. Casos de enfermedades intestinales



Interpretación

De las 100 personas que fueron encuestados 29% personas mencionan que en el hogar se enferman de infecciones estomacales principalmente niños de 12 años, el 59% menciona que todos los miembros de la familia sufren de infecciones estomacales y el 12% menciona que muy pocas veces se enferman de infecciones estomacales.

10. CONCLUSIONES

San Cristóbal de Las Casas Chiapas se asienta en una cuenca endorreica, es decir, el agua no tiene salida fluvial hacia el océano y solo puede abandonar el sistema por filtración o evaporación. De igual manera la ciudad no cuenta con una planta de tratamiento de agua potable por lo que las descargas de agua, así como pluviales, son invertidas directamente a los ríos o manantiales, a causa de ello el sistema de drenaje interno es muy sensible a la contaminación y las fuentes no están lo suficientemente protegidas por lo cual el único tratamiento que se lleva a cabo es la desinfección química con cloro y no se realiza adecuadamente.

El presente estudio demostró que el agua distribuida por SAPAM no es apta para el consumo humano. Dado que San Cristóbal de Las Casas el autollenado o relleno de garrafones de agua en los centros de distribución de servicio de surtido de agua purificada no garantiza la inocuidad de acuerdo a la **NOM-127-SSA1-1994** y por lo tanto exista un riesgo para la salud, esto es a partir de que las personas que acuden a llenar sus garrafones de agua no lo hacen desde su transporte hasta el lavado y llenado bajo condiciones de control e higiene, además de las condiciones ambientales internas y externas no garantiza la inocuidad del vital líquido. Los hallazgos obtenidos revelan un nivel elevado en ciertos parámetros de acuerdo a la **NOM-127-SSA1-1994** ya que existe una mala gestión del sistema de distribución (tuberías, tanques de almacenamiento y distribución por tandeo) aumentando el riesgo de recontaminación del agua dentro de la red, debido a que los tanques de almacenamiento de agua, no se cloran y no cuentan con los insumos suficientes para clorar todos los días, incrementando las enfermedades gastrointestinales.

Por otra parte, el riesgo de infección pudo haber sido subestimado debido a la asunción de que no existían exposiciones a ninguno de los patógenos en las muestras de agua que fueron negativas para *E. Coli*. La ausencia de este indicador no garantiza la desaparición de agentes patógenos fecales. Esto puede haber sido a causa de que las bacterias resisten a la desinfección química, constituyendo una barrera eficaz para numerosos patógenos donde no garantiza la seguridad de la calidad del suministro.

Por lo tanto, los costos de los garrafones no intervienen en generar beneficio como tal, ya que, al enfermar el costo en salud mayor al obtenido por el consumo de agua de dudosa calidad ya sea por el proceso de purificación o bien por contaminación cruzada durante el transporte, lavado enjuague y llenado de los garrafones, ya que incluso estos cuentan con antigüedad variable y se han relleno múltiples ocasiones bajo este sistema de distribución de agua por ello es necesario y urgente mejorar la calidad microbiológica del agua de SAPAM.

10.1 Recomendaciones

Dado al problema detectado en este trabajo, es necesario llevar a cabo una campaña a nivel municipio para que las personas que lleven sus garrafones a llenar con agua purificada en los establecimientos que se han extendido; observen las buenas prácticas de limpieza y desinfección para evitar en las familias enfermedades gastrointestinales

Además, se deberá capacitar al personal en campañas de educación y concientización sobre hábitos higiénicos y medidas de prevención en la manipulación de alimentos, del mismo modo que tener controles sobre el estado de salud de los empleados para mantener las instalaciones de la planta y maquinaria en condiciones adecuadas como lo establecen los procedimientos de buenas prácticas de manufactura para tratarse de un producto para el consumo humano, asegurándole así al consumidor que el producto que está adquiriendo posee los niveles de calidad que satisfacen su necesidad.

De igual manera es necesario mantener en constante supervisión y monitorio de los productos que se expenden a la población para garantizar que son para consumo humano, evitando enfermedades gastrointestinales. Debido que las autoridades sanitarias son responsables de vigilar el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994.

11. ANEXO

11.1 ANEXO IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA



Figura 10. Recolección de muestras de agua de la purificadora A y B



Figura 11. Proceso de purificación de agua de la purificadora A



Figura 12. Lavado de garrafrones de la purificadora A

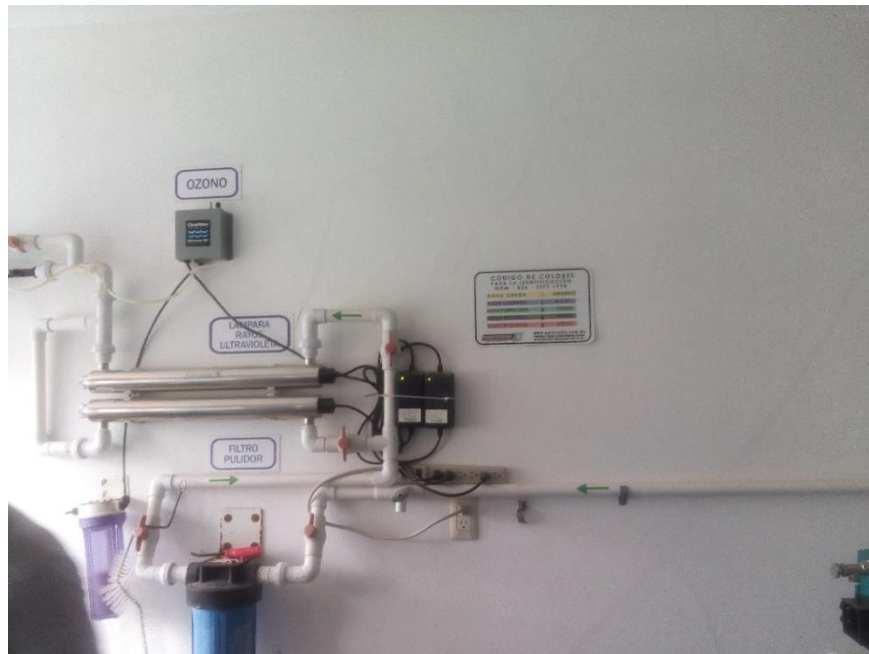


Figura 13. Proceso de purificación de agua de la purificadora B



Figura 14. Proceso de purificación de agua de la purificadora B



Figura 15. Lavado de garrafones de la purificadora B



Figura 16. Uniforme del personal de la purificadora A



Figura 17. Uso de uniforme del personal de la purificadora B



Figura 18. Almacenamiento de garrafones de la purificadora A



Figura 19. Almacenamiento de garrafones de la purificadora B



Figura 20. Transporte de agua procedente de la purificadora A



Figura 21. Transporte de agua procedente de la purificadora B

11.2 ANEXO IMÁGENES DE LA ENCUESTA REALIZADA







11.3 ANEXO PERMISOS DE LAS PURIFICADORAS

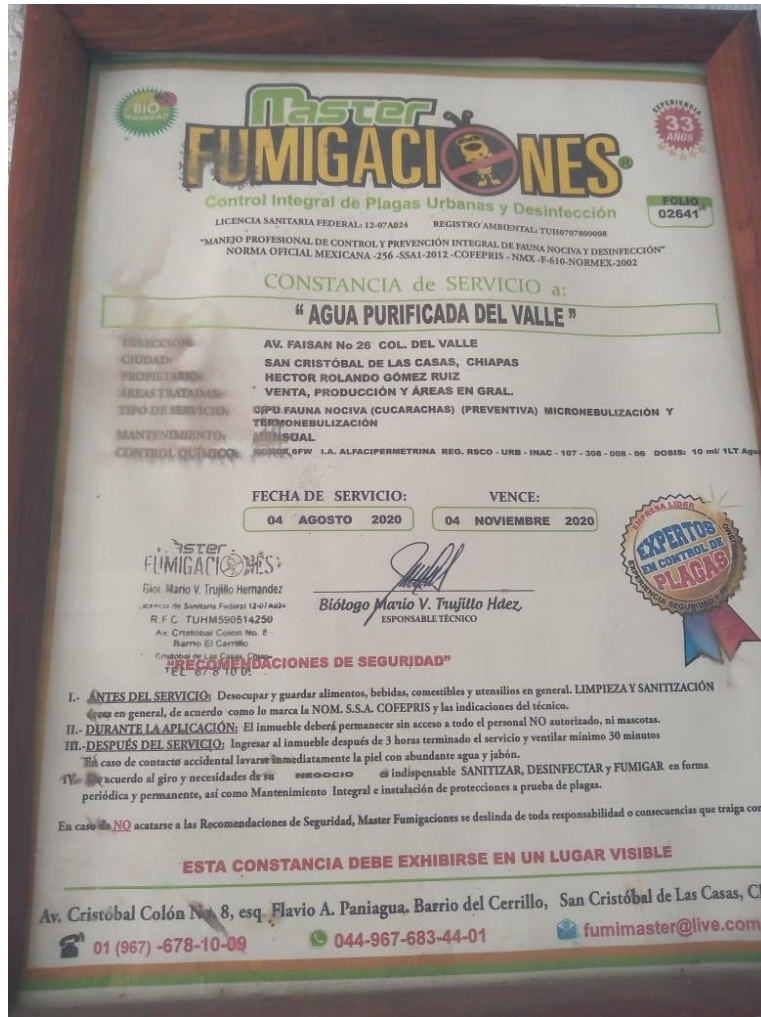


Figura 22. Control de plagas urbanas y desinfección de la purificadora A

BIO
SEGURIDAD

Master
FUMIGACIONES[®]

Control Integral de Plagas Urbanas y Desinfección

EXPERIENCIA
31
AÑOS

FOLIO
01647

LICENCIA SANITARIA FEDERAL: 12-07A024 REGISTRO AMBIENTAL: TUH0707800008

Av. Cristóbal Colón No.8, esq. Flavio A. Paniagua. **CENTRO**. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Tel: **01(967)-678-10-09** Cel: **044-967-683-44-01**

E-mail: fumimaster@live.com.mx

ESTE ESTABLECIMIENTO HA SIDO TRATADO CONFORME A LOS MÉTODOS MAS EFECTIVOS Y TECNOLOGÍA DE VANGUARDIA PARA EL "MANEJO PROFESIONAL DE CONTROL Y PREVENCIÓN INTEGRAL DE FAUNA NOCIVA" BAJO LA NORMA OFICIAL MEXICANA S.S.A.-COFEPRIS

CONSTANCIA de SERVICIO a:

" AQUA PURA "

DIRECCIÓN: DIAGONAL RAMÓN LARRAINZAR No 13. BARRIO DE SAN RAMÓN

CIUDAD: SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS , CHIAPAS

ÁREAS TRATADAS: VENTA, PRODUCCIÓN Y ÁREAS EN GRAL

PROPIETARIO: JOSÉ FERNANDO TRUJILLO BALLINAS

TIPO DE SERVICIO: CONTROL INTEGRAL DE PLAGAS URBANAS (FAUNA NOCIVA) PREVENTIVO .

MANTENIMIENTO: (MENSUAL)

PRODUCTO UTILIZADO: MONCK 80FW I.A. ALFACIPERMETRINA REG: RSCC. URB. INAC. 107-306-006-06 DOSIS: 10ml/lit agua

FECHA DE SERVICIO: **18 JUNIO 2018**

VENCE: **18 SEPTIEMBRE 2018**

Biólogo Mario V. Trujillo Hdez.
RESPONSABLE TÉCNICO

ESTA CONSTANCIA DEBE EXHIBIRSE EN UN LUGAR VISIBLE "MEDIDAS DE SEGURIDAD"

I.- ANTES DEL SERVICIO guardar alimentos, bebidas, comestibles en general, desocupar utensilios, así como limpieza profunda en áreas en general de acuerdo a las indicaciones del técnico.

II.- Durante la aplicación el lugar deberá permanecer sin acceso a todo el personal no autorizado, ni mascotas.

III.- Ingresar al lugar después de 3 horas mínimo terminada la aplicación, antes previa ventilación.

IV.- En caso de contacto accidental lavarse inmediatamente la piel con abundante agua y jabón.

V.- De acuerdo al giro y necesidades de su negocio es indispensable fumigar en forma Periódica y Permanente, así como realizar Limpieza y Mantenimiento Físico Integral e instalación de protecciones a prueba de plagas, como lo marca la NOM. S.S.A. COFEPRIS

Master FUMIGACIONES Se deslinda de toda responsabilidad o consecuencias que traiga consigo, en caso de **NO** acatarse a las Medidas de Seguridad.

EMPRESA LIDER
EXPERTOS EN CONTROL DE PLAGAS
EXPERIENCIA SEGURIDAD Y PROFESIONALIDAD

Figura 24. Control de plagas urbanas y desinfección de la purificadora B

Cofepris Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
 INSTITUTO DE SALUD
 AVISO DE FUNCIONAMIENTO, DE RESPONSABLE SANITARIO Y DE MODIFICACION O BAJA

NO RUPA

1 SELECCIONE EL TIPO DE TRÁMITE Y LA MODALIDAD:

AVISO DE FUNCIONAMIENTO ESTABLECIMIENTO SANITARIO
 AVISO DE MODIFICACION O BAJA DEL ESTABLECIMIENTO

AVISO DE FUNCIONAMIENTO DE ESTABLECIMIENTOS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS
 AVISO DE FUNCIONAMIENTO Y DE RESPONSABLE SANITARIO DEL ESTABLECIMIENTO DE INSUMOS PARA LA SALUD

FARMACIA, BOTICA O ORIGERA (CON VENTA DE MEDICAMENTOS CONTROLADOS Y PRODUCTOS BIOLÓGICOS)
 FABRICA DE DISPOSITIVOS MÉDICOS
 ALMACÉN DE DEPOSITIVOS MÉDICOS
 FABRICA DE REMEDIOS HERBOLARIOS
 ALMACÉN DE MEDICAMENTOS
 COMERCIALIZADOR DE BIENES DE OBTENCIÓN BIOLÓGICA

AVISO DE FUNCIONAMIENTO Y DE RESPONSABLE SANITARIO DEL ESTABLECIMIENTO DE SERVICIOS DE SALUD
 ESTABLECIMIENTO DE ATENCIÓN MÉDICA QUE NO REALIZA ACTOS QUIRÚRGICOS U OBSTÉTRICOS
 COMERCIO AL POR MENOR DE ANTEJOS Y ACCESORIOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS
 SERVICIOS DE ASISTENCIA SOCIAL
 CONSULTORIO
 CLÍNICA DENTAL
 AMBULANCIA
 SI MARCA ESTA OPCIÓN FAVOR DE REQUISITAR EL REGISTRO (No. 1)

AVISO DE FUNCIONAMIENTO Y DE RESPONSABLE SANITARIO DEL ESTABLECIMIENTO DE SALUD AMBIENTAL
 ESTABLECIMIENTO QUE ALMACENA O COMERCIALIZA AL POR MAYOR DE PLAGUICIDAS
 ESTABLECIMIENTO QUE ALMACENA O COMERCIALIZA AL POR MAYOR SUSTANCIAS TÓXICAS DE USO INDUSTRIAL
 PRODUCTOS CON LÍMITE DE METALES PESADOS
 ESTABLECIMIENTO QUE ALMACENA O COMERCIALIZA AL POR MAYOR NUTRIENTES VEGETALES

CLAVE (SICLAI) **72112** DESCRIPCIÓN DEL SICLAI **Purificación y embotellado de Agua**

2. DATOS DEL PROPIETARIO:

NOMBRE DEL PROPIETARIO (PERSONA FÍSICA) / RAZÓN SOCIAL (PERSONA MORAL) **José Fernando Trujillo Ballinas**
 R.F.C. **TURFRI010106**
 C.U.R.P. **TURFRI010106HMSRLR03** (DATO OPCIONAL)
 CALLE, NÚMERO EXTERIOR Y NÚMERO O LETRA INTERIOR **Dolores Castellanos #15** COLONIA **12 de Julio**
 DELEGACIÓN O MUNICIPIO **San Cristóbal de las Casas**
 LOCALIDAD **San Cristóbal de las Casas** CÓDIGO POSTAL **219121417** ENTIDAD FEDERATIVA **Chiapas**
 ENTRE CALLES **Avda. Blvd. Poncos** Y CALLE **Pedrito Castellanos** TELÉFONO **6786186** FAX

3. DATOS DEL ESTABLECIMIENTO:

RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO **Purificador de Agua AGUA NATURA** R.F.C. **TURFRI010106**
 CALLE, NÚMERO EXTERIOR Y NÚMERO O LETRA INTERIOR **Dolores Castellanos Poncos #15** COLONIA **San Román** DELEGACIÓN O MUNICIPIO **San Cristóbal de las Casas**
 LOCALIDAD **San Cristóbal de las Casas** CÓDIGO POSTAL **219121416** ENTIDAD FEDERATIVA **Chiapas**
 ENTRE CALLES **Boya California** Y CALLE **Totaxo** TELÉFONO FAX

HORARIO: D X M J V S DE **8:00** A **20:00 hrs** FECHA DE INICIO DE ACTIVIDADES: **20** DE **12** DE **20**

REPRESENTANTE LEGAL NOMBRE C.U.R.P. (DATO OPCIONAL) CORREO ELECTRÓNICO
 PERSONA AUTORIZADA NOMBRE C.U.R.P. (DATO OPCIONAL) CORREO ELECTRÓNICO

Figura 25. Permiso de salubridad de la purificadora B

11.4 ANEXO DE TABLAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS PURIFICADORAS

Tabla 6. Inventario de no conformidades del funcionamiento para la purificadora A

NOM-201-SSA1-2002	Calificación
Personal	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	Cumple parcialmente
Infraestructura	Cumple parcialmente
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Proceso	Cumple parcialmente
Proceso	Cumple parcialmente
Revisión documental	Cumple parcialmente
Revisión documental	Cumple parcialmente
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple

Tabla 7. Inventario de no conformidades del funcionamiento para la purificadora B

NOM-201-SSA1-2002	Calificación
Personal	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Infraestructura	No cumple
Proceso	No cumple
Proceso	No cumple
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple
Revisión documental	No cumple

11.4.1 Identificación de las causas de no conformidades del funcionamiento de las purificadoras

Los integrantes del grupo de trabajo de las dos purificadoras, redactaron las causas, simplificando en forma negativa cada uno de los enunciados no conformes de, resaltando la característica que no se cumplían.

Tabla 8. Inventario de causas de no conformidades para la purificadora A

Nom-201-SSA1-2002	Calificación
Personal	No traen uñas limpias, recortadas, ni libres de barniz
Infraestructura	No mantienen las instalaciones en buenas condiciones de mantenimiento y hay agua encharcada
Infraestructura	No hay jabón desinfectante y el bote de basura no tiene tapa
Infraestructura	No hay letrero de lavarse las manos después de usar el baño
Infraestructura	Los artículos de limpieza (detergentes) están en el área de llenado
Infraestructura	Las puertas no tienen cubre polvo
Infraestructura	Las líneas de agua no purificada no están señaladas
Infraestructura	El drenaje presenta estancamientos
Infraestructura	La ventilación no es la adecuada, se encierra la humedad en tiempo de calor
Infraestructura	Uno de los focos del área de llenado no está protegido contra rotura
Infraestructura	No hay depósitos de basura debidamente identificados
Proceso	Los desinfectantes no presentan etiquetas
Proceso	Los productos tienen contacto con las paredes en el almacén
Revisión documental	No existen dispositivos para el control de roedores
Revisión documental	No hay evidencia documental de control de enfermedades transmisibles
Revisión documental	No hay evidencia de capacitación al personal
Revisión documental	No cuenta con registros periódicos de análisis del agua
Revisión documental	No cuenta con registro completos de control de salidas de destinos por lote

Tabla 9. Inventario de causas de no conformidades para la purificadora B

Nom-201-SSA1-2002	Calificación
Personal	No traen uñas limpias, recortadas, ni libres de barniz.
Infraestructura	No mantienen las instalaciones en buenas condiciones de mantenimiento y hay agua encharcada
Infraestructura	No hay jabón desinfectante y el bote de basura no tiene tapa
Infraestructura	No hay letrero de lavarse las manos después de usar el baño
Infraestructura	No se realiza la limpieza de equipos y utensilios al finalizar las actividades o en los cambios de turno
Infraestructura	Las puertas no tienen cubre polvo
Infraestructura	Las líneas de agua no purificada no están señaladas
Infraestructura	El drenaje presenta estancamientos
Infraestructura	La ventilación no es la adecuada, se encierra la humedad en tiempo de calor
Infraestructura	Uno de los focos del área de llenado no está protegido contra rotura
Infraestructura	No hay depósitos de basura debidamente identificados
Proceso	Los desinfectantes no presentan etiquetas
Proceso	Los productos tienen contacto con las paredes en el almacén
Revisión documental	No existen dispositivos para el control de roedores
Revisión documental	No hay evidencia documental de control de enfermedades transmisibles
Revisión documental	No hay evidencia de capacitación al personal
Revisión documental	No cuenta con registros periódicos de análisis del agua
Revisión documental	No cuenta con registro completos de control de salidas de destinos por lote

11.5 ANEXO MODELO DE ENCUESTA REALIZADO EN LA INVESTIGACIÓN



 <p>Encuesta Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas Ingeniería Ambiental</p>		
1. ¿Con qué frecuencia rellena el garrafón de agua?		6. ¿Con que frecuencia se desparasitan en el hogar?
<ul style="list-style-type: none">o Una vez a la semanao 2 a 3 veces al meso Una vez al meso Otro: _____		<ul style="list-style-type: none">o 1 vez cada 6 meseso 1 vez al añoo 1 cada 2 añoso Otro:
2. ¿Cuánto tiempo tiene con el mismo garrafón de agua?		7. ¿Conoce las reglas sanitarias pertinentes para la venta de garrafones rellenables?
<ul style="list-style-type: none">o Lo cambio cada que relleno el garrafóno 1 vez al meso 2 veces al meso 3 veces cada 6 meses		<ul style="list-style-type: none">o Sio No
3. ¿Por qué compra garrafones rellenables?		8. ¿Confía en la higiene de los establecimientos de agua rellenarle?
<ul style="list-style-type: none">o Economíao Reciclajeo Economía y reciclajeo OTROS: ¿Cuál? _____		<ul style="list-style-type: none">o Sio No
4. ¿Ha presentado alguno de los siguientes síntomas?		9. ¿Para qué utiliza el agua de los garrafones rellenable?
<ul style="list-style-type: none">o Dolor tipo cólicoo Diarreao Nauseaso Vomito		<ul style="list-style-type: none">o Para cocinaro Para el aseo del hogar (lavar ropa, trastes, trapear)o Para tomaro Para aseo personalo Otros:
5. ¿Cuánto tiempo lleva rellenando el garrafón de agua?		10. ¿Cómo valoras la calidad del agua? (sabor, olor, color, potabilidad)
<ul style="list-style-type: none">o 1 meso 6 meseso 1 añoo Más de 1 añoo Otro:		<ul style="list-style-type: none">o Buenao Normalo Malao Sabe malo Se ve sucia/turbia/amarillosa
		11. ¿Los casos de diarrea, dolores de panza, infecciones estomacales/intestinales son comunes en tu familia/casa?
		<ul style="list-style-type: none">o Si, principalmente en menores de 12 añoso Si, común en todos los miembros de la familiao Se dan muy pocas veceso Nunca se enferman de la panza

Figura 26. Encuesta para los trabajadores del mercado san ramón

12. LITERATURA CONSULTADA

Arriaza, A. E., Waight, S. E., Contreras, C. E., Ruano, A. B., López, A. y Ortiz, D. (2015). Determinación bacteriológica de la calidad del agua para consumo humano obtenida de filtros ubicados dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Revista Científica*, (28):21-29.

Becerra, C., Soria, R., Domínguez, K., y Cerna, J. (2019). Análisis microbiológico de agua en pequeñas plantas potabilizadoras para consumo humano de Morelia Michoacán. *Avances De Investigación En Inocuidad De Alimentos*, 02, 1-13.

Benítez, B. M., Ferrer, K. J., Rangel, L. C., Ávila, Y. B. Levy, A. (2013). Calidad microbiológica del agua potable envasada en bolsas y botellas que se venden en la ciudad de Maracaibo, estado Zulia-Venezuela. *Multiciencias*, 13(1), 16-22.

Berdones, J. (2008). La problemática del tratamiento del agua potable. *Medicina Naturista*, 2(2), 69-75.

CONAGUA (2011). Agua en el mundo. Recuperado el 20 de marzo del 2020, de http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf.

Conagua (2011). Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación. Recuperado del 15 de mayo del 2020 de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SG APDS-INVENTRIO%202011%20FINAL.pdf>.

Contreras, D. (2017). Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres. Recuperado el 15 de mayo del 2020 de <https://agua.org.mx/purificadoras-agua-consumo-masivo-agua-los-pobres/>.

Cools, I., Uyttendaele, M., Caro, C., Haese, E., Nelis, H., y Debevere, J. (2003). Survival of campylobacter jejuni strains of different origin in drinking water. *J Appl Microbiol*, 94(5), 886-892.

Cortez, C., Aguilera, G. y Castro, G. (2011). Situación de las enfermedades gastrointestinales en México. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 31(4), pp.1-15.

Curtis, E. y Barnes, S.N. (2000). *Biología* 7ta. Edición en español, España, Editorial Médica Panamericana.

Del Puerto, R. A., Sardiñas, P. O. y Romero, P. M. (2008). Nitritos y nitratos: afectación a la salud. La Habana. Recuperado de <http://www.inhem.sld.cun>.

Di Cristo C., Leopardi A., Quintiliani C. y Marinis G. (2015). Drinking water vulnerability assessment after disinfection through chlorine. *Procedia Engineering*. 119: 389-397.

El agua (2001). Recuperado el 21 de marzo del 2020, de <http://www.escueladigital.com.uy/ciencnat/agua.htm>.

Enciso, W., y Jiménez, C. (2017). Análisis de la calidad del agua del acueducto rural vereda el limón, municipio San Juan de Rioseco-Cundinamarca (Licenciatura). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Esquivel, G. (2008). Plantas purificadoras de agua. Recuperado el 21 de marzo de 2020, de <http://www.h2osoluciones.com/spf-plantas-purificadoras-de-agua.html>.

Evangelista, K., Rangel, P., Tejada, E., Tostado, E., Verá, F., Mendoza, B. and Garay, L. (2021). Determinación de organismos coliformes totales, fecales y E. coli en garrafones rellenos en purificadoras de diferentes zonas de Guadalajara. *Avances de Investigación en Inocuidad de alimentos*, 2, pp.1-5.

Fayer, R. y Upton, S. (2000). Epidemiology of cryptosporidium: transmisión, detection and identification. *International Journal for Parasitology*, 30(12-13), pp.1305-1322.

Fernández, A. y du Mortier, C. (2005). Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. Recuperado el 18 de marzo del 2020 de https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/01_Capitulo_01.pdf

Fuentes, X., Castiñeiras, M. y Queraltó, J. (1998). *Bioquímica clínica y patológica molecular*. España: Reverté Ediciones.

Galaviz, I., Amaro, I., Reynosa, F. y Castañeda, M. (2014). Determinación de nitratos, nitritos y coliformes en agua potable envasada, producida y distribuida en zonas agrícolas, Veracruz, México. *El Bohío boletín electrónico*, 4(4), pp.1-42.

García, R. (2009). *The water cycle: practical experiences for its comprehension*, 17th ed., pp. 1-8. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

González, M., y Ramírez, E. (2005). Mejorar la calidad del agua a través de su purificación utilizando la planta Moringa oleífera. *Científica Juvenil*, Mérida - Venezuela, 5, pp.59-64.

Gray, N., (1996). *Calidad del agua potable: problemas y soluciones*. 1st ed. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., pp.188-294.

Haro, J., Gerardina, N. y Calderón, R. (2012). Riesgos sanitarios en calidad bacteriológica del agua. Una evaluación en diez estados de la república mexicana. *Región y sociedad*, 3, pp.257-288.

Hernández, C., Rodríguez, G., Acosta, R. Y Garza, E. (2017). Análisis fisicoquímico y microbiológico de agua purificada en Reynosa, Tamaulipas. *Ciencias Biológicas Y De La Salud*, 20(1), pp.1-6.

Lenntech. (2005). Efectos del Nitrógeno sobre la salud. Recuperado el 20 de abril del 2020 de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>.

León Ramírez, S. (2002). Shigelosis (disentería bacilar). *Salud en Tabasco*, 8(1), pp.22-25.

Lin, W., Sung, S., Chen, L. Y Chung, H. (2004). Treating High-Turbidity Water Using Full-Scale Flocculation Blanket Clarifiers. *Journal of environmental engineering*, 130(12), pp.1-8.

Maceira, A. (2002). Las propiedades del agua. Recuperado el 8 de junio del 2020, de <https://www.iagua.es/noticias/mexico/conagua/17/05/16/propiedades-agua>.

Marcó, L., Azario, R., Metzler, C. y García, M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental*, 4, pp.72-82.

Marín, L. (2017). Calidad sanitaria de agua envasada expendida en la ciudad de Maracaibo (Venezuela). *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 57(1), pp.26-35.

Martínez, M. (2020). TDS qué significa, qué importancia tiene y cómo podemos medirlo. Recuperado el 12 de noviembre del 2020 de <https://aguapuraysana.com/tds-que-importancia-tiene-y-como-medirlo/>.

Mejía, M. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Posgrado. Escuela de Postgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Mora, D. y Alfaro, N. (1999). Caracterización y distribución por cantones de la dureza del agua en las fuentes utilizadas para consumo humano en Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 8(15), pp.1-15.

Moralejo, D. y Serafino, L. (2009). III Encuentro del FAOS, (Foro de la Abogacía Organizada Sudamericana), AGUA: El Oro Azul, Colegio de Abogados de San Isidro, San Isidro, 26, 27 y 28 de marzo de 2009, pág. 1 - 11.

Murray, R., Kennelly, P., Bender, D., Rodwell, V. y Botham, K. (2010). Bioquímica ilustrada. 29th ed. México: Harper, pp.1-814.

Neira Gutiérrez, M., (2006). Dureza en aguas de consumo y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Licenciatura. Universidad de Chile facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería civil.

NMX-AA-008-SCFI-2000. Determinación del PH - método de prueba.

NMX-AA-034-SCFI-2015. Medición de sólidos y sales disueltas en aguas- método de prueba.

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

NOM-013-SSA1-1993. Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo.

NOM-014-SSA1-1993. Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano.

NOM-041-SSA1-1993: Especificaciones sanitarias del agua purificada envasada.

NOM-092-SSA1-1994. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.

NOM-112-SSA1-1994. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.

NOM-117-SSA1-1994. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.

NOM-127-SSA1-1994. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua.

NOM-181-SSA1-1998. Requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para el tratamiento de agua.

NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. 3rd ed. OMS, pp.1-408.
- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable. 3rd ed., Organización Mundial de la Salud, p-149.
- OMS (2011). Europa exige pruebas de las declaraciones de propiedades saludables. Recuperado el 22 de marzo del 2020, de <https://www.who.int/bulletin/volumes/87/9/09-020909/es/>.
- OMS (2020). Recuperado el 30 de mayo del 2020 de: https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2009/childhood_deaths_diarrhoea_20091014/en/.
- Orozco, C., Canseco, L., Elorza, M., Domínguez, S., Espinosa, M., y Aguilar, J. (2019). Las microempresas de purificación de agua en la costa de Chiapas: calidad bacteriológica y puntos de riesgo críticos. *Higiene Sanidad Ambiental*, 19(4), 1825-1828.
- Pacheco, J. y Cabrera, A. (2003). Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas. *Ingeniería*, 7(2), pp.47-54.
- Paniagua, G., Monroy, E., García, O., Trujillo, J., Negrete, E. y Vaca, S. (2007). Two or more enteropathogens are associated with diarrhoea in Mexican children. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 6(1), pp.1-9.
- Pérez López, M. 2003. Cambio en el paradigma de la gestión del agua en México. III Congreso latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Arequipa, Peru. 9 al 13 de junio de 2003.
- Prieto de Paula, J., Franco Hidalgo, S., Mayor Toranzo, E., Palomino Doza, J. y Prieto de Paula, J. (2012). Alteraciones del equilibrio ácido-base. *Diálisis y Trasplante*, 33(1), pp.25-34.
- Pulido Bosch, A. (2014). Nociones de hidrogeología para ambientólogos. Almería: Editorial Universidad de Almería, pp.1-500.
- Quinteros, E. y Mejía, R. (2018). Calidad microbiológica de agua envasada en El Salvador 2014 – 2015. *ALERTA: Científica del Instituto Nacional de Salud*, 1(1), pp.26-34.
- Reiff, F. y Witt, V. (1995). Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y El Caribe. 30th ed. OMS.

Ríos, N., Fernández, G., Arellano, A., Félix, A. y Lizardi, M. (2015). Índice de Capacidad de Proceso sobre Calidad Microbiológica Histórica de Agua en Planta Purificadora del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Unidad Náinari. *La Sociedad Académica*, 46(23), pp.13-17.

Robles, E., Ramírez, E., Durán, Á., Martínez, M. y Gonzales, M. (2013). Calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua del acuífero Tepalcingo-Axochiapan, Morelos, México. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 4(1), pp.1-11.

Rojas, C. (2020). ¿Cómo se purifica el agua? Recuperado el 9 de junio del 2020, de <https://rotoplas.com.mx/como-se-purifica-el-agua/#:~:text=La%20purificaci%C3%B3n%20del%20agua%20es,que%20pueda%20disminuir%20su%20calidad.>

Royo, O. (2020). Ósmosis inversa. Recuperado el 16 de septiembre del 2020, de: <https://condorchem.com/es/osmosis-inversa/#:~:text=La%20%C3%B3smosis%20inversa%20es%20una,solvente%20d e%20una%20disoluci%C3%B3n%20concentrada.&text=Es%20una%20tecnolog%C3%ADa%20eficiente%2C%20limpia,incluso%20de%20agua%20de%20mar.>

SAPAM (2011). Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal. Recuperado el 15 de octubre del 2020, de <http://www.sapam.gob.mx/site/transparencia/regint.pdf>.

Sawyer, C., Mccarty, P., Parkin, G. y Agudelo Quigua, D. (2001). *Chemistry for environmental engineering*. 4th ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A., pp.1-680.

Secretaría de Salud (2002). Primer diagnóstico nacional de salud ambiental y ocupacional. Recuperado el 18 de octubre del 2020, de <http://casesjournal.org/files/unidades/cdi/documentos/DOCSAL7658.pdf>.

Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G. and Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Sociedad Venezolana de Microbiología*, 24(1-2), pp.46-49.

Simanca, M., Álvarez, B. y Paternina, R. (2016). Calidad física, química y bacteriológica del agua envasada en el municipio de Montería. *Temas Agrarios*, 15(1), pp.71-83.

Starr, C. y Taggart, R. (2004). *Biología La unidad y diversidad de la vida*. 10th ed. España: Itemex, pp.1-744.

- Toledo, A. (2006). Agua, hombre y paisaje. 1st ed. México: SEMARNAT, pp.1-261.
- Traverso., P. (1996). Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. ILSI Press Washington D.C. USA, pp. 51-60.
- Vega, R. (2021). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. Espiral, XXII (63), pp.221-263.
- Vidal, F. (2003). Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. 1st ed. España: Díaz de Santos, pp.1-256.
- Vidal, J., Consuegra, A., Gomescaseres, L. y Marrugo, J. (2009). Evaluación de la calidad microbiológica del agua envasada en bolsas producida en Sincelejo-Colombia. MVZ Córdoba, 14(2), pp.1-10.
- Vila, J., Álvarez-Martínez, M., Buesa, J. and Castillo, J., 2009. Diagnóstico microbiológico de las infecciones gastrointestinales. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica, 27(7), pp.406-411.
- Witt V., y Reiff F. (1993). Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. Organización Panamericana de la Salud. pp. 169-171.
- Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008. Pensamiento actual, 9(12-13), pp. 1-10.
- Zárate, E., y Gonzáles, J. (1996). Manual de aplicación del análisis de riesgos: identificación y control de puntos críticos en la industria de agua purificada. Subsecretaría De Regulación Y Fomento Sanitario, p. 25.
- Zuluaga, G. (1999). Cultura, naturaleza y salud, Bioprospección y Pueblos Indígenas, Elementos de reflexión para la conservación de la diversidad biológica y cultural, pp. 1 – 18.