



**BENÉMERITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

**“ANALISIS DEL PROCESO DE PURIFICACION DE AGUA
Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE MEJORES
PRACTICAS PARA EL DESARROLLO DE MEJORAS EN
UNA PLANTA EMBOTELLADORA DE AGUA
PURIFICADA EN LA CD. DE TETELA DE OCAMPO”**

**DIRECTOR
MAESTRO CESAR LUNA ORTEGA**

**TESINA
PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN INGENIERIA QUÍMICA**

**PRESENTA:
JOCELYN FERNANDEZ RIVERA**

OCTUBRE 2023







INDICE

| | |
|--|----|
| Planteamiento de problema | 5 |
| Justificación | 6 |
| Objetivos | 7 |
| Hipótesis | 8 |
| CAPITULO I. ANTECEDENTES | 9 |
| 1.1 MARCO TEORICO | 14 |
| 1.1.1 Agua para uso y consumo humano | 14 |
| 1.1.2 Especificaciones del agua envasada para consumo humano. | 16 |
| 1.1.3 Planta purificadora de agua embotellada y proceso de purificación de agua | 16 |
| 1.1.4 Contaminantes principales del agua pura | 19 |
| 1.1.4.2 Coliformes fecales | 21 |
| 1.1.5 Mejores practicas | 23 |
| CAPITULO II. METODOLOGÍA | 31 |
| 1. Determinación del NMP de coliformes totales | 31 |
| 1.1. Determinación de metales | 34 |
| 1.2. Evaluación de las plantas purificadoras de agua | 34 |
| CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES. | 35 |
| 2. Calidad microbiológica del agua embotellada | 35 |
| 3.1. Determinación de metales (Cu, Mn, Zn y Pb) en agua embotellada | 35 |
| 3.2. Diagnostico general de la operación de las plantas purificadoras de agua | 36 |
| 4. Conclusiones y recomendaciones | 40 |
| Referencias bibliográficas | 42 |
| 5. ANEXOS | 48 |





Introducción

El agua purificada envasada es aquella que ha sido sometida a un proceso físico o químico que se encuentra libre de gérmenes patógenos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud y para su comercialización se presenta en botellones u otros envases con cierre hermético y que además cumple con lineamientos de calidad (Secretaría de Salud, 1994)

Según el Instituto Mexicano para la Competitividad A.C (IMCO), México es el país con mayor consumo de agua embotellada, con 286 L por persona (Jiménez, 2023). Además, cerca del 11% del mercado mexicano se encuentra capturado por más de 7000 microempresas purificadoras de agua (El Financiero, 2013). Sin embargo, la certificación de la calidad de las pequeñas plantas procesadoras es cuestionable, particularmente porque no existe un sistema de monitoreo y auditoría externa que pueda determinar que la calidad, tanto bacteriológica como química del agua, cumple con los requerimientos para agua embotellada (Pacheco, 2015, p.225)

El consumo de agua embotellada se debe a la falta de confianza en los servicios de agua potable (García y Guerrero, 2019) brindados por el municipio. Sin embargo, de entre las opciones de agua embotellada, las plantas purificadoras de agua representan una opción económica en comparación con marcas reconocidas de agua embotellada. En la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla, existen tres plantas purificadoras de agua, donde ocho de cada 10 hogares consumen agua embotellada de dichas plantas (véase anexo 1).

Los pobladores de Tetela de Ocampo prefieren consumir agua embotellada de las principales purificadoras de la ciudad porque son económicas. En este contexto surgen ciertas preguntas, por ejemplo; ¿las plantas purificadoras de agua siguen los criterios que marca la



NOM-201-SSA1-2015?, ¿Cómo saben los pobladores que dichas plantas cumplen con los parámetros de calidad e inocuidad?

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el proceso de purificación del agua embotellada en las plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla, tomando como guía la NOM-201-SSA1-2015 que establece las especificaciones sanitarias para productos y servicios relacionados a agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Asimismo, se propusieron acciones para mejorar las prácticas y el servicio que ofrecen dichas plantas purificadoras de agua.

Planteamiento de problema

El instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Metropolitana, la Universidad Autónoma de Chiapas y la Universidad Autónoma de Guadalajara han presentado estudios que demuestran que la calidad de agua de plantas purificadoras, que se encuentran en distintas colonias de la ciudad de México, Guadalajara y Chiapas, están contaminadas con bacterias de tipo coliformes y que la mayoría operan de manera clandestina, sin apearse a los lineamientos que maneja la norma oficial mexicana NOM-201-SSA1-2015 (Campos, 2021). A consecuencia de esto la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris) indicó que es responsabilidad del consumidor observar si estos negocios cuentan con los avisos de funcionamiento y estudios que avalen que el agua que se consume es segura (Campos, 2021). Sin embargo, la mayoría de la población confía en las dispensadoras de agua y que el agua que venden cumple con los parámetros de calidad. No obstante, el consumir agua contaminada, por ejemplo, con coliformes fecales puede causar enfermedades gastrointestinales en la población



(Swistock, B.2020a, p.1). La preferencia del consumo de agua embotellada de plantas purificadoras por parte de la población puede deberse al precio asequible que tiene un garrafón de 20 L (22 MXN) en comparación con el precio del agua embotellada de marcas registradas (50 MXN).

Por lo anterior mencionado, se considera importante realizar una investigación para evaluar las condiciones en las que operan las plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla. Para esto, es importante analizar el proceso de producción del agua embotellada, y su cumplimiento con los parámetros establecidos por la NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-127-SSA1-2021.

Justificación.

En la actualidad, en la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla, es muy fácil comprar un garrafón de 20 L proveniente de las plantas purificadoras de agua de la localidad; ya que en los comercios (tiendas de abarrotes y farmacias) los podemos encontrar o existen repartidores de dicho producto que los llevan a domicilio, a costos muy accesibles para la población.

Esta investigación se motivó en las inquietudes de varios pobladores que consumen este producto y que no están seguros de la inocuidad del agua, ya que en ocasiones los garrafones llegan rotos al domicilio o bien con partículas de tierra.

Es importante mencionar que a los productores de agua embotellada se les ha cuestionado acerca de los lineamientos que maneja la NOM-201-SSA-2015 (productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel) y algunos de los productores desconocen



dicha norma y otros mencionan que no todo lo que indica la norma lo llevan a cabo; por ejemplo, los análisis microbiológicos y químicos no los realizan con la frecuencia que indica la norma, ya que, son demasiado caros, lo que encarecería su producto y no podrían competir con las empresas que brindan el mismo servicio (véase anexo 2).

Con lo anterior mencionado se realizó un análisis del proceso de producción de agua embotellada, guiado por la NOM-201-SSA1-2015, para corroborar el cumplimiento de la norma y proponer mejores prácticas, para que, si así lo desean los productores, puedan mejorar su servicio y asegurar al cliente calidad e higiene.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar el proceso de purificación de agua en una planta purificadora de la cd. de Tetela de Ocampo, para proponer una serie de mejores prácticas que contribuyan a elevar la calidad del agua embotellada.

Objetivos específicos

- Estimar la calidad química y microbiológico del agua producida en las plantas purificadoras de la ciudad de Tetela de Ocampo Puebla, por medio de los lineamientos que establece la NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-127-SSA1



- Diagnosticar por medio de la NOM-201-SSA1-2015 productos y servicios. Agua y hielo para el consumo humano, envasados y a granel y la NOM-251-SSA1-2009 prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, las condiciones en las que operan las plantas purificadoras de la Cd. de Tetela de Ocampo Pue.

Hipótesis

Las plantas purificadoras de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla aplican las mejores prácticas de manufactura e higiene para obtener un producto seguro y con la calidad que requieren los consumidores.



CAPITULO I. ANTECEDENTES

El hábito de consumir agua purificada está tan arraigado en los mexicanos que aún, en los hogares de bajos ingresos consumen agua embotellada. El agua purificada de las plantas purificadoras, que no pertenecen a las grandes empresas, son una opción para los hogares de bajo ingresos debido a su costo asequible (Montero, 2017). No obstante, en algunos casos el precio no es equivalente a la calidad del producto, ya que, algunos estudios han demostrado que pequeñas plantas purificadoras de agua no cumplen con los requerimientos que establecen las Normas Oficiales Mexicanas.

Las Normas Oficiales Mexicanas, son regulaciones técnicas que rigen a la industria, y que contribuyen al empoderamiento de la población, son herramientas que permiten a las distintas dependencias gubernamentales a atender y eliminar riesgos para la población, están basadas en información científica y tecnológica, lo que promueve la calidad del producto o servicio (Secretaría de Economía, 2021). En el caso de las plantas purificadoras de agua, las normas oficiales mexicanas más importantes que establecen los lineamientos para su regulación son; la NOM-251-SSA1-2009, que establece las especificaciones necesarias para prácticas de higiene en el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios, la NOM-127-SSA1-2021, que establece las especificaciones para límites permisibles de calidad de agua, y la NOM-



201-SSA1-2015, que establecen las especificaciones sanitarias para productos y servicios de agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.

La importancia de aplicar las especificaciones que establecen dichas normas en las plantas purificadoras de agua permite obtener un producto de calidad, en caso contrario, el producto se puede considerar inseguro para el consumidor. Por ejemplo, la Asociación Mexicana para la correcta hidratación AC, en México, realizó de manera simultánea dos estudios de la calidad del agua en la ciudad de México y la ciudad de Guadalajara, Jalisco, donde, basándose en la NOM-201-SSA1-2015; en la ciudad de México se analizó el agua procedente de 40 plantas purificadoras de agua, los resultados arrojaron que el 62.5% sobrepasan los límites establecidos de coliformes totales; el 27.5% de las muestras analizadas no cumplen con los límites de nitratos. Así mismo, en Guadalajara, Jalisco se realizaron análisis a 30 plantas purificadoras de agua, los resultados demostraron que el 66.67% contenían coliformes totales; 6.67% sobrepasan los límites de fluoruros y el 10% presentó exceso de nitratos, además de esto se identificó que estos establecimientos no cumplen con los lineamientos que establece la NOM-201-SSA1-2015. (El Economista, 2021). Por otro lado, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), emitieron en 2015 un comunicado de prensa, donde informaban a la población sobre la calidad del agua de 111 pequeñas plantas purificadoras de agua, ubicadas en 16 delegaciones de la ciudad de México, los resultados arrojaron que: 69 muestras contenían coliformes totales, 23 fueron positivas a coliformes fecales y solo 30 aprobaron la prueba satisfactoriamente, con estos resultados, los investigadores plantearon la necesidad de auditar este tipo de negocios, ya que muchos de estos operan de manera irregular, demostrando que las pequeñas plantas purificadoras de agua no aplican los lineamientos que



establece la NOM-201-SSA1-2015 (IPN, 2015). En otra investigación realizada en el mismo año, en una planta purificadora de agua del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON), observaron que, para organismos mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales se encontraban sobrepasando los límites que establece la NOM-201-SSA1-201 (Fuentes, Duarte, 2015, pp.13 - 15). Donde el índice de capacidad se calculó con base en la calidad microbiológica del agua (mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales). De acuerdo con los resultados, se observó que los índices de capacidad de proceso (C_p) eran bajos, ya que para mesófilos aerobios arrojó una $C_p = 0.134$, para coliformes totales $C_p = 0.0624$ y para coliformes fecales una $C_p = 0.0373$, lo ideal era obtener una $C_p = 1$, lo que indicó que se trataba de un proceso con mucha variabilidad con respecto a las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas. Para mejorar la capacidad del proceso se propuso implementar una supervisión diaria en el equipo y área de trabajo, que los garrafones fueran lavados apropiadamente, que el operador utilizara sus herramientas y equipo de protección correctamente, que el tapón y sello sean colocados de manera adecuada, supervisión de la limpieza del área de almacenamiento, inspección y limpieza a los dispensadores. Se sugirió también que se utilizara una lista de chequeo para el registro histórico de cumplimiento por parte del personal que distribuye el agua en las instalaciones de ITSON. También se propuso una actividad de mejora basada en la revisión periódica de todo el proceso de purificación del agua en dicha planta (Fuentes y Duarte, 2015a, p.15).

Posteriormente en el año 2018, en la Universidad Veracruzana (UV), evaluaron las condiciones sanitarias de una microempresa de agua purificada, para garantizar la inocuidad del producto. Los investigadores concluyeron que el establecimiento se encontraba en buenas condiciones, pero propusieron implementar medidas para evitar la entrada de plagas, y mejores



condiciones en el área de producción ya que los espacios estaban reducidos. También, mencionaron que el almacenamiento de garrafones, tapones y material, no eran aptos y por tanto se encontraban en peligro de contaminación, pues la falta de análisis fisicoquímicos frecuentes, organolépticos y microbiológicos del agua, es otro foco de atención que se debe tomar en cuenta y lo ideal sería que se apegaran a los lineamientos que maneja la NOM-201-SSA1-2015. (Rosas et. al, 2018,)

Para dar cumplimiento a las normas o decretos que requieren calidad en productos o servicios, que existen en distintas partes del mundo, es importante implementar mejores prácticas. Las mejores prácticas se entienden como un conjunto coherente de acciones, que en determinado contexto brindan resultados satisfactorios y se espera que, en contextos similares, rindan los mismos resultados (Corrales, 2014, p.15), es decir, las mejores prácticas son tomadas de experiencias favorables que han ejecutado otros establecimientos, empresas, industrias, corporaciones etc, para obtener resultados satisfactorios. Además, se debe considerar el cumplimiento satisfactorio de normas o decretos que sean aplicables al proceso. Para la producción de agua embotellada, las buenas prácticas comprenden aspectos de limpieza, desinfección y mantenimiento de equipos, manejo integral de plagas, manejo de residuos sólidos y líquidos, abastecimiento de agua potable y capacitación para manipuladores de alimentos (Restrepo, 2010, pp.22-25). Por citar un ejemplo de evaluación y aplicación de las mejores prácticas en 2019, en Indonesia, analizaron el proceso de envasado de agua y las variables que afectan la calidad del agua embotellada. A través la metodología Six Sigma, se identificaron que los defectos relacionados al sellado de la tapa promueven que el contenido líquido se contamine con polvo o se derrame. Sin embargo, el nivel Sigma del proceso, con base en el número de



defectos, fue de 5.08 con 174.782 de defectos en un millón de oportunidades, es decir, que el proceso estaba bajo control y a través de un diagrama de causa y efecto se encontró que las maquinas eran la principal causa de defectos. Para reducir los defectos se recomendó llevar a cabo inspecciones de los métodos y maquinas, además de la aplicación de mantenimiento preventivo con esto se asegura el mejor funcionamiento. Además, se recomendó realizar inspecciones frecuentes de los métodos y maquinas. Por otra parte cinco años atrás, en Colombia, Tatiana Montoya Marmolejo señala que: se logró identificar el grado de incumplimiento de la empresa en cuanto a documentación de un manual de mejores prácticas para el envasado de agua de la Industria de Alimentos Álamo Bs SAS, observándose que los aspectos de menor cumplimiento son las condiciones de proceso y fabricación y las condiciones de saneamiento, sin embargo, las secciones de instalaciones físicas y sanitarias tiene un alto grado cumplimiento. Donde conformó un equipo de trabajo con el jefe de planta e iniciaron un plan de acción, que consistía en la elaboración de un manual de mejores prácticas, con base al decreto 3075 de 1997 del ministerio de salud de Colombia y se logró documentar los aspectos que requiere la empresa para que la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución del agua embotellada sea sana y segura para el consumidor; obteniendo un plan de saneamiento básico el cual incluye una serie de procedimientos, formatos y registros los cuáles serán las herramientas necesarias para que la elaboración del agua envasada forme parte de un producto de alta calidad para la empresa. (Montoya, 2014, pp.72-74).



1.1 MARCO TEORICO

1.1.1 Agua para uso y consumo humano

El agua para uso y consumo humano se define como toda aquella que no causa efectos nocivos a la salud y que no presenta propiedades objetables o contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles (Tabla 1) y que no proviene de fuentes de aguas residuales tratadas. (NOM-179-SSA1-2020). Por otra parte, el agua envasada es apta para el consumo humano, y se define como aquella contenida en recipientes apropiados que contienen un sello hermético inviolable. El cual deberá permanecer en tal condición hasta que llegue a manos del consumidor final (Ramos y Landino Solito, 2011 p.24).

Tabla 1. Especificación de los límites máximos permisibles y la frecuencia mínima para análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua embotellada, según la NOM-201-SSA1-2015

| Especificacion | Limite maximo permisible | Frecuencia mínima |
|---|--------------------------|-------------------|
| Organolépticas y físicas | | |
| Turbiedad. | 3,0(UNT) | Mensual |
| Color. | 15(Pt/Co) | Mensual |
| Metales, metaloides y compuestos organicos. | | |
| Arsenico. | 0,01 mg/l | Anual |
| Bario. | 0,70 mg/l | Anual |
| Borato como B. | 5,00 mg/l | Anual |
| Cadmio. | 0,003 mg/l | Anual |
| Cromo total. | 0,05 mg/l | Anual |



| | | |
|---|-----------------------------|---------|
| Cobre. | 1,00 mg/l | Anual |
| Cianuro. | 0,07 mg/l | Anual |
| Fluoruros como F | 0,07(5) mg/l 2,0(6) mg/l | Anual |
| Manganeso | 0,04 mg/l | Anual |
| Mercurio. | 0,001 mg/l | Anual |
| Níquel. | 0,02 mg/l | Anual |
| Nitrogeno de nitratos | 10,00 mg/l | Anual |
| Nitrogeno de nitritos | 0,06 mg/l | Anual |
| Plomo. | 0,01 mg/l | Anual |
| Selenio. | 0,01 mg/l | Anual |
| Microbiológicos | | |
| Coliformes totales. | <1,1 NMP/100ml | Semanal |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | <1,1 NMP/100ml | Semanal |
| Enterococos fecales | <1,1 NMP/100ml | Semanal |
| Esporas de <i>clostridium</i> sulfito reductores. | <1,1 NMP/100ml | Semanal |
| Compuestos orgánicos sintéticos | | |
| Compuestos orgánicos halogenados adsorbibles fijos | .0005g/l | Anual |
| Compuestos orgánicos no halogenados adsorbibles purgables | 0.001mg/l | Anual |
| Carbono orgánico purgable | 0.01mg/l | Anual |



| | | |
|--|-----------|--------------|
| Sustancias activas al azul de metileno | 0.5mg/l | Anual |
| Desinfectantes | | |
| Cloro residual libre | 0.1 mg/l | Cada 4 horas |
| Subproductos de desinfección | | |
| Formaldehido | 0.09 mg/l | Anual |
| Bromodiclorometano | 0.06 mg/l | Anual |
| Dibromoclorometano | 0.1 mg/l | Anual |
| Bromoformo | 0.1 mg/l | Anual |
| Cloroformo | 0.2 mg/l | Anual |
| Formaldehido | 0.9 mg/l | Anual |
| Bromato | 0.01 mg/l | Anual |

(5) no aplica para aguas minerales; (6)aplica para aguas minerales.

Las especificaciones sanitarias del agua purificada envasada se citan en la NOM-201-SSA1-2015, las cuales deben ser cumplidas estrictamente con el fin de obtener agua de buena calidad (Tabla 1).

1.1.2 Especificaciones del agua envasada para consumo humano.

Las normas oficiales mexicanas NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-251-SSA1-2009, son las que establecen las especificaciones para el agua envasada para consumo humano y las buenas prácticas de higiene para el proceso de envasado y así garantizar que el producto sea seguro para el consumo humano.

1.1.3 Planta purificadora de agua embotellada y proceso de purificación de agua

Una planta purificadora de agua es un equipo de tipo comercial cuya función es proveer grandes cantidades de agua pura apta para consumo humano el agua previamente tratada, como



el agua de la red municipal, de río, pozo o agua de lluvia (Puritec de México, 2019) se somete a varios procesos para eliminar contaminantes como agentes patógenos, virus, bacterias, metales pesados y sales minerales disueltas, que son perjudiciales a la salud (Puritec de México, 2019).

El proceso de purificación de agua comienza con la recepción de agua. Normalmente, se trata de agua de la red municipal, y esta se almacena en tanques de polietileno. Es importante limpiar y desinfectar los contenedores de almacenamiento con frecuencia (Gutiérrez & González, 2007). La Secretaría de Salud en México, sugiere que este proceso se realice cada 6 meses (Secretaría de Salud, 2015). El siguiente proceso es la desinfección del agua, el cual consiste en usar un agente desinfectante para eliminar o reducir los microorganismos que pueden estar presentes en el agua. El agente desinfectante más usado es el cloro. Las normas mexicanas establecen que hay que alcanzar una concentración de cloro libre residual de 0.5 a 1.5 mg/l. (Carbetocina, 2021). Una vez desinfectada el agua, esta pasa por una serie de filtros como el filtro de sedimentos, filtro de carbón activado y filtro suavizador. El filtro de sedimentos sirve para eliminar material particulado como arena y polvo. En general en este proceso se elimina material de hasta 30 micrómetros. Durante este proceso también se elimina la turbidez del agua causada por la presencia de sólidos en suspensión (Puritec de México, 2021). Por otro lado, en el filtro de carbón activado se elimina los residuos de cloro, sabores y olores característicos del agua de pozo. Además, se pueden eliminar una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos tales como: herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorados (Cevallos y Astudillo, 2010). El filtro suavizador consiste en una cama de resinas de intercambio catiónico de ácido fuerte. A través de este filtro se elimina el exceso de Ca y Mg el principal propósito de este proceso es evitar incrustaciones o formaciones de sarro en superficies, tuberías y equipos

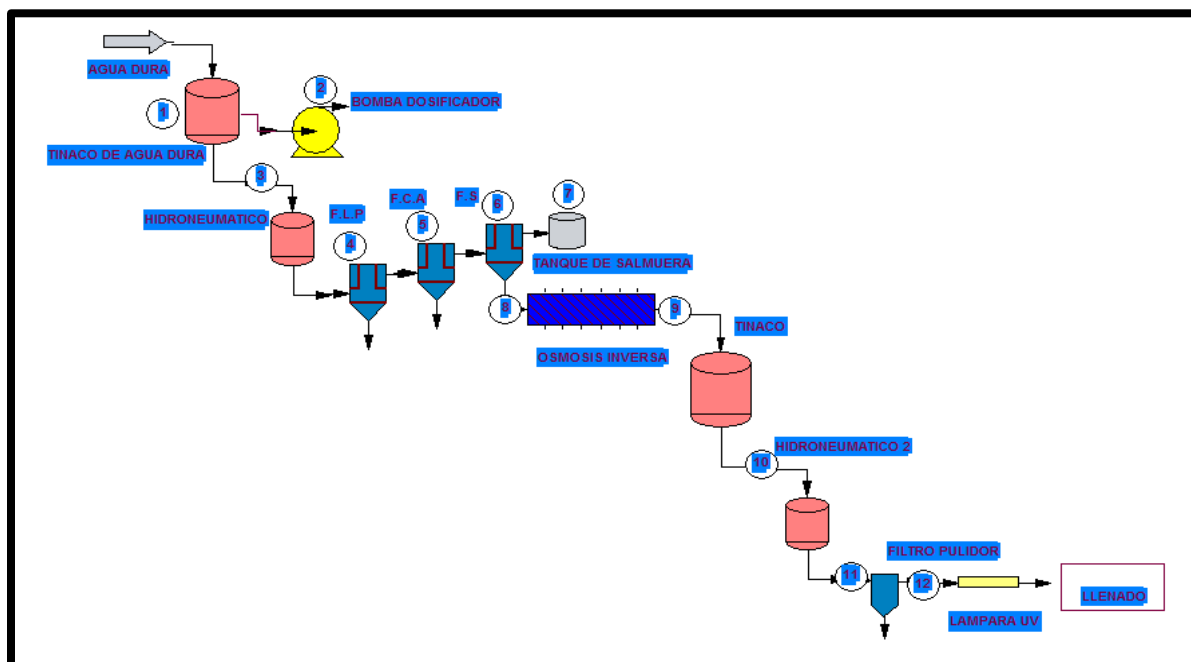


(Carbotecnia, 2021). Posteriormente el agua se trata por ósmosis inversa. Mediante este proceso se separa los componentes orgánicos e inorgánicos del agua, por el uso de la presión ejercida en la membrana semipermeable, donde esta presión es mayor que la presión osmótica de la solución, por tanto, dicha presión tiende a forzar al agua pura a pasar a través de la membrana semipermeable, dejando atrás sólidos disueltos. El resultado es el flujo de agua pura libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias. En este punto, el agua se puede almacenar en un tanque de polietileno para después esterilizarla con ayuda de una lámpara de luz ultravioleta. La última fase del proceso de purificación del agua es hacerla pasar por un filtro pulidor. Este filtro retiene impurezas pequeñas (sólidos de hasta 5 micras) (Cevallos y Astudillo, 2010).

Antes de proceder al envasado de agua el contenedor (envase) se lava tanto del exterior como el interior con ayuda de una solución sanitizante a presión y un enjuague con agua suavizada. Finalmente, el garrafón se llena de agua y está disponible para comercializarse (Cevallos y Astudillo, 2010).



Fig. 1 diagrama de proceso de purificación de agua embotellada, elaborado en chemcad.



1.1.4 Contaminantes principales del agua pura

Las aguas potables deben cumplir con toda una serie de requisitos relacionados con características organolépticas y fisicoquímicas, relativas a sustancias no deseables, sustancias tóxicas, microbiológicas y radioactivas (Secretaría de Salud, 2014). Los principales contaminantes del agua para consumo humano, según la NOM-201-SSA1-2015, son: coliformes totales, metales, metaloides y compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos sintéticos, desinfectantes, subproductos de desinfección y sustancias radioactivas.



Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los efectos de beber agua contaminada por bacterias, está relacionado con la diarrea, colera, hepatitis A, y fiebre tifoidea (OMS, 2017).

1.1.4.1 Coliformes totales

Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a $35^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ en un período de 24 a 48 horas. La identificación de los coliformes totales se hace por el método de fermentación con tubos múltiples. Los coliformes representan un indicador biológico de la posible presencia de otros microorganismos patógenos debido a malas prácticas higiénicas, sanitarias o de contaminación de origen ambiental producida por descargas de materiales orgánicos (Swistock, B.2020, p.1).

La determinación de microorganismos coliformes totales se realiza por el método del número más probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de que este grupo microbiano fermenta la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a $35\text{C} \pm 1\text{C}$, durante 48hrs. Utilizando un medio de cultivo que contenga sales biliares. Esta determinación consta de dos fases, la fase presuntiva y la fase confirmativa. En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio, el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono. Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante (Camacho et al., 2009).



La determinación del número más probable de microorganismo coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $35\text{ C} \pm 1$, por un periodo de 24 a 48hrs (Camacho et al., 2009).

1.1.4.2 Coliformes fecales

Son bacterias que pueden encontrarse en el intestino humano y heces de animales. Estas se consideran el principal indicador de contaminación fecal del agua de uso doméstico, industrial y otros. Su presencia en el agua es indicadora de la calidad bacteriológica. Forman parte del grupo coliforme total, y son microorganismos que fermentan la lactosa con producción de gas a $44^{\circ}\text{ C} \pm 0.2$ en un periodo de 24 a 48 horas. Al grupo coliforme fecal también se le designa como termo tolerante o termo resistente, comprenden el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Los coliformes termo resistentes distintos de *E.coli* pueden provenir también de aguas orgánicamente enriquecidas, por ejemplo de efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición (Swistock, B.2020, p.2).

1.1.4.3 Enfermedades por coliformes

Las enfermedades más comunes son de tipo gastrointestinal, causando diarrea, fiebre, vómitos, mareos, dolor de cabeza, la tabla 2 muestra los principales organismos asociados a síntomas causados por el consumo de agua contaminada por microorganismos patógenos.



Tabla 2. Microorganismos y síntomas de enfermedad adquirida por coliformes

| Microorganismos | Síntomas |
|---------------------------------------|--|
| <i>Escherichia coli</i> | Diarrea acuosa, dolor de cabeza, fiebre (Swistock, 2020) |
| Coliformes totales y fecales | Diarrea, dolor abdominal, fiebre, vomito (Swistock,2020) |
| ENTRE OTROS | SINTOMAS |
| <i>Salmonella</i> spp Salmonelosis | Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y en ocasiones se llega a presentar fiebre leve (OMS, 2018) |
| <i>Streptococcus</i> spp. | Mareos, calambres intestinales, vómitos, diarrea y en ocasiones se llega a presentar fiebre leve (OMS,2018) |

1.1.4.4 Metales, metaloides y compuestos inorgánicos

Se llama metales a los elementos químicos situados a la izquierda y centro de la tabla del sistema periódico. Los metaloides son elementos químicos que poseen propiedades intermedias entre metales y no metales.

La ingestión de agua con contenido de metales y metaloides como el arsénico (As), cadmio (Cd), Plomo (Pb) y mercurio (Hg), puede producir daños neuronales, problemas estomacales, parálisis parcial, ceguera y cáncer en la piel, pulmón, hígado, riñón y próstata (Mendoza et. al, 2017)



El arsénico por sí mismo es un carcinógeno humano que causa tumores pulmonares, de la piel y otros; un umbral práctico en agua potable se toma como 0.01 mg/L (Mendoza et al, 2017).

1.1.4.5 Compuestos orgánicos sintéticos

Los compuestos orgánicos sintéticos están formados por los compuestos halogenados y no halogenados. Los compuestos halogenados comprenden a los halogenados no volátiles como las dioxinas y furanos, herbicidas clorados, bifenilos policlorados, plaguicidas clorados y semivolátiles clorados. (NOM-201-SSA1-2015, Secretaría de Salud). Mientras que los compuestos orgánicos no halogenados comprenden a los carbamatos, hidrocarburos poliaromáticos, plaguicidas fosforados, compuestos orgánicos semivolátiles no clorados, endotal, glifosato y plaguicidas derivados de la urea (NOM-201-SSA1-2015).

Dichos compuestos inorgánicos resultan tóxicos para consumo humano. En concentraciones de 0.0005 mg/L para compuestos orgánicos halogenados y 0.01 mg/L para compuestos orgánicos no halogenados.

1.1.5 Mejores prácticas

Las mejores prácticas de manufactura son los principios básicos y las prácticas generales de higiene en la manipulación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos o bebidas para consumo humano. El objetivo de las mejores prácticas de manufactura es garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción (Albarracín & Carrascal, 2005, p.179)



Las principales funciones de las Mejores prácticas de manufactura para el proceso de fabricación de agua embotellada son:

- ✓ Producir agua embotellada segura e inocua para proteger la salud del consumidor
- ✓ Control higiénico en el proceso de purificación del agua
- ✓ Sensibilizar, capacitar y enseñar a los técnicos y manipuladores todo lo relacionado a las prácticas higiénicas
- ✓ Mantener los equipos y utensilios en buen estado de limpieza y desinfección
- ✓ Mantener áreas de trabajo en buen estado higiénico

1.1.5.1 Requisitos para cumplir con las mejores prácticas

Según la NOM-201-SSA1-20015 y la NOM-254-SSA1-2009, estos serían los requisitos para cumplir con las mejores prácticas en la producción de agua pura embotellada.

1. *Edificación e instalaciones*

Las instalaciones contarán con una locación, accesos y alrededores limpios estarán alejadas de focos de contaminación, además los pisos, paredes y techos del área de producción o elaboración deben ser de fácil limpieza, sin grietas o roturas. Es necesario tener una buena ventilación que permita la circulación del aire durante todo el proceso y mantener una iluminación que permita la realización de las operaciones de manera higiénica, por otra parte, es importante mencionar que el área de llenado debe ser completamente aislada de las demás áreas



(Secretaría de salud, 2014). Los baños deben contar con separaciones físicas completas, no tener comunicación directa, ni ventilación hacia el área de producción (secretaría de salud, 2008)

2. Equipos y utensilio

Los equipos deben ser instalados en forma tal que el espacio entre ellos mismos, la pared, el techo y piso permita su limpieza y desinfección. Las cisternas y tinacos para almacenamiento de agua deben estar protegidas contra la contaminación, corrosión y permanecer tapados, únicamente se abrirán para su mantenimiento. El área de llenado debe estar completamente aislada de las demás áreas, además es importante mencionar que, al paro de operaciones, el agua no debe permanecer en reposo en las tuberías (Secretaría de Salud, 2014)

3. Personal Manipulador

El personal manipulador se someterá a un chequeo médico por lo menos una vez al año. Además, la empresa contará con un programa de capacitación continuo y permanente que incluya los temas de manejo higiénico sanitario para la producción de agua embotellada y sistemas de aseguramiento de la calidad e inocuidad. Así mismos el personal cumplirá con las reglas de higiene y comportamiento tendrá en cuenta: usar la dotación completa limpia, lavar y desinfectar sus manos frecuentemente, mantener las uñas cortas, limpias y sin pintura, no usar maquillaje, perfume ni joyas durante el proceso. Está prohibido fumar, comer o escupir durante el proceso, y dentro de las instalaciones (Secretaría de salud, 2008).

4. Aseguramiento y control de calidad



Para monitorear la calidad, es necesario realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua producida por la planta purificadora de agua, con las especificaciones y frecuencia que recomienda la NOM-201-SSA1-2015.

5. Saneamiento

Programa de limpieza y desinfección. Todo el personal conocerá los procedimientos de limpieza y desinfección, así mantendrán las instalaciones, equipos y utensilios desinfectados, de esta manera, deberán manejar correctamente las sustancias utilizadas en los procesos de limpieza y desinfección, sus concentraciones, forma de uso y modo de empleo, además de registrar por medio de un documento el área y el equipo al que se realizó limpieza y desinfección y por ultimo debe realizar la limpieza de equipo y utensilios al finalizar las actividades diarias o su turno (Secretaria de Salud, 2008).

6. Programa integrado de plagas

Las plagas constituyen un peligro para la inocuidad de los alimentos, ya que pueden transmitir enfermedades. Para controlar y prevenir las plagas se debe: Mantener todas las áreas limpias y ordenadas; tapar grietas y orificios además el control de plagas es aplicable a todas las áreas del establecimiento, queda prohibido todo tipo de mascotas en áreas de la planta purificadora. En caso de que alguna plaga invada el establecimiento, deben adoptarse medidas de control para su eliminación por contratación de servicios de control de plagas o autoaplicación, en ambos casos se debe contar con licencia sanitaria (Secretaria de Salud, 2008).

7. Almacenamiento, distribución, transporte y comercialización



El área de almacenamiento se mantendrá en perfecto estado de limpieza y desinfección, los utensilios y herramientas para la limpieza tendrán un área destinada para su almacenamiento. El agua para su comercialización debe ser transportada en condiciones que eviten su contaminación, además que la unidad de transporte debe estar limpia (Secretaría de Salud, 2008).

8. Capacitación y educación

Todo el personal que opere en las áreas de producción o elaboración debe capacitarse en las mejores prácticas de higiene, por lo menos una vez al año. Donde debe incluir: higiene personal, uso correcto de la indumentaria de trabajo y lavado de manos, las condiciones en las que deben recibir y almacenar las bebidas, las repercusiones de un producto contaminado en la salud del consumidor y el conocimiento de la NOM-254-SSA1-2009 y la NOM-201-SSA1-2015 (Secretaría de Salud, 2008).

1.1.5.2 Plan de saneamiento

Por otro lado, un plan de saneamiento comprende programas encaminados a disminuir los riesgos de contaminación para un alimento o bebida durante su elaboración, envase y almacenamiento. Los servicios de alimentos y bebidas deben implementar y desarrollar un plan de saneamiento con objetivos claramente definidos y con los procedimientos requeridos para disminuir los riesgos de contaminación de los alimentos, este plan es de responsabilidad directa del director del servicio (Según Ranken 1993).

El plan de saneamiento estará escrito y a disposición de la autoridad sanitaria competente e incluirá como mínimo los siguientes programas:



- Programa de limpieza y desinfección
- Programa de control integrado de plagas
- Programa de residuos sólidos
- Programa de líquidos
- Programa de control de agua potable
- Programa de capacitación de manipuladores (Albacerrin, 2005, p.120).

1.1.5.2.1 Programa de limpieza y desinfección

Los programas de limpieza y desinfección satisfacen las necesidades particulares del proceso y del producto que se trate. Cada establecimiento ha de tener por escrito todos los procedimientos, incluyendo los agentes a utilizar, la frecuencia, los productos químicos necesarios (nombre comercial y principio activo), las cantidades necesarias para hacer las diluciones y cómo prepararlas, las precauciones para el manejo de los productos químicos, el responsable de la higiene y los procedimientos de verificación o monitorización de la eficacia de la limpieza y desinfección (Albacerrin, 2005, p.120).

1.1.5.2.1.1 Programa de control de plagas

Establece las actividades a desarrollar para lograr la eliminación radical y la prevención de la proliferación de los artrópodos y roedores que se encuentren en las instalaciones de la planta purificadora. Las plagas entendidas como artrópodos y roedores serán objeto de un programa de control específico, el cual debe involucrar una aplicación de las diferentes medidas de control como las físicas y químicas (Montoya,2014, p.36)



1.1.5.2.1.2 Programa de salud ocupacional

La salud ocupacional es el conjunto de actividades relacionadas con la promoción, educación, prevención, control, recuperación y rehabilitación de los trabajadores para protegerlos de riesgos profesionales. La seguridad industrial es el conjunto de normas y procedimientos que buscan crear conciencia de cómo hacer el trabajo en forma segura y eficaz (Montoya,2014, p.36)

1.1.5.2.1.3 Programa de capacitación de manipuladores

Este programa va dirigido para todas las personas que tienen contacto con el alimento en forma directa o indirecta a través de todas las operaciones de fabricación, almacenamiento y distribución, es esencial para prevenir peligros de contaminación que afectan la inocuidad de estos, como también está diseñada para educar al personal (Montoya, 2014, p.36)

1.1.5.2.1.4 Documentación

Para hacer que las mejores prácticas funcionen de manera eficiente se debe tomar en cuenta la documentación, ya que es una herramienta que ayuda a que la empresa tenga un control de la calidad y de procesos. La administración de estos documentos debe seguir un procedimiento en donde se indique:

- Persona responsable de la emisión
- Persona a la que va dirigido
- Lugar y sistema de archivo de la documentación (Montoya, 2014, p.37)

1.1.5.2.2 Tipos de documentación

Entre los diferentes tipos de documentación que la empresa conservará se destacan:

- Muestreo de materias primas y materiales de empaque.



- Procesos de manufactura: métodos de llenado y empaque, métodos de inspección de máquinas y equipos.

- Limpieza y desinfección de máquinas utilizadas durante la manufactura.
- Acciones a llevar a cabo antes de comenzar una operación de producción.
- Medidas a tomar y métodos a seguir en caso de no conformidad de materias primas, componentes.

- Calibración de instrumentos de medición.

- Reclamos. (Montoya, 2014, p.37)

Es importante destacar que los documentos a realizar deben ser legibles y de fácil comprensión para que no haya errores, todo lo sucedido durante el proceso se debe reflejar en los documentos. Llevar a cabo una bitácora diaria para poder estar enterados de lo que sucedió en el proceso.



CAPITULO II. METODOLOGÍA

Diseño de la investigación.

Se realizó un diseño no experimental transversal para conocer la calidad química y microbiológica del agua embotellada comercializada por tres purificadoras de agua ubicadas en la ciudad de Tetela de Ocampo. Así mismo, se analizó la forma en que operan dichas plantas para proponer mejores prácticas con el propósito de elevar la calidad del agua embotellada.

1. Determinación del NMP de coliformes totales

El muestreo se realizó de acuerdo con los lineamientos de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-230-SSA1-2002 procedimientos sanitarios para muestreo y la NOM-109-SSA1-1994 procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. En breve, de un garrafón de 20L se tomó directamente una muestra de agua de 120 mL y se depositó en un frasco estéril. Las muestras se preservaron a una temperatura de 8°C y se trasladaron al laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en un lapso no mayor a 5h. Las muestras se almacenaron en refrigeración hasta su análisis.

La detección y cuantificación de coliformes fecales y totales en las muestras de agua se realizó por el método del número más probable descrito en la NMX-AA-042-SCFI-2015 (Secretaría de Economía, 2016).

Las Figuras 2 y 3 muestran a detalle el proceso de elaboración de los medios de cultivo utilizados y el análisis de la muestra.



Fig. 2 Preparación de medios de cultivo.

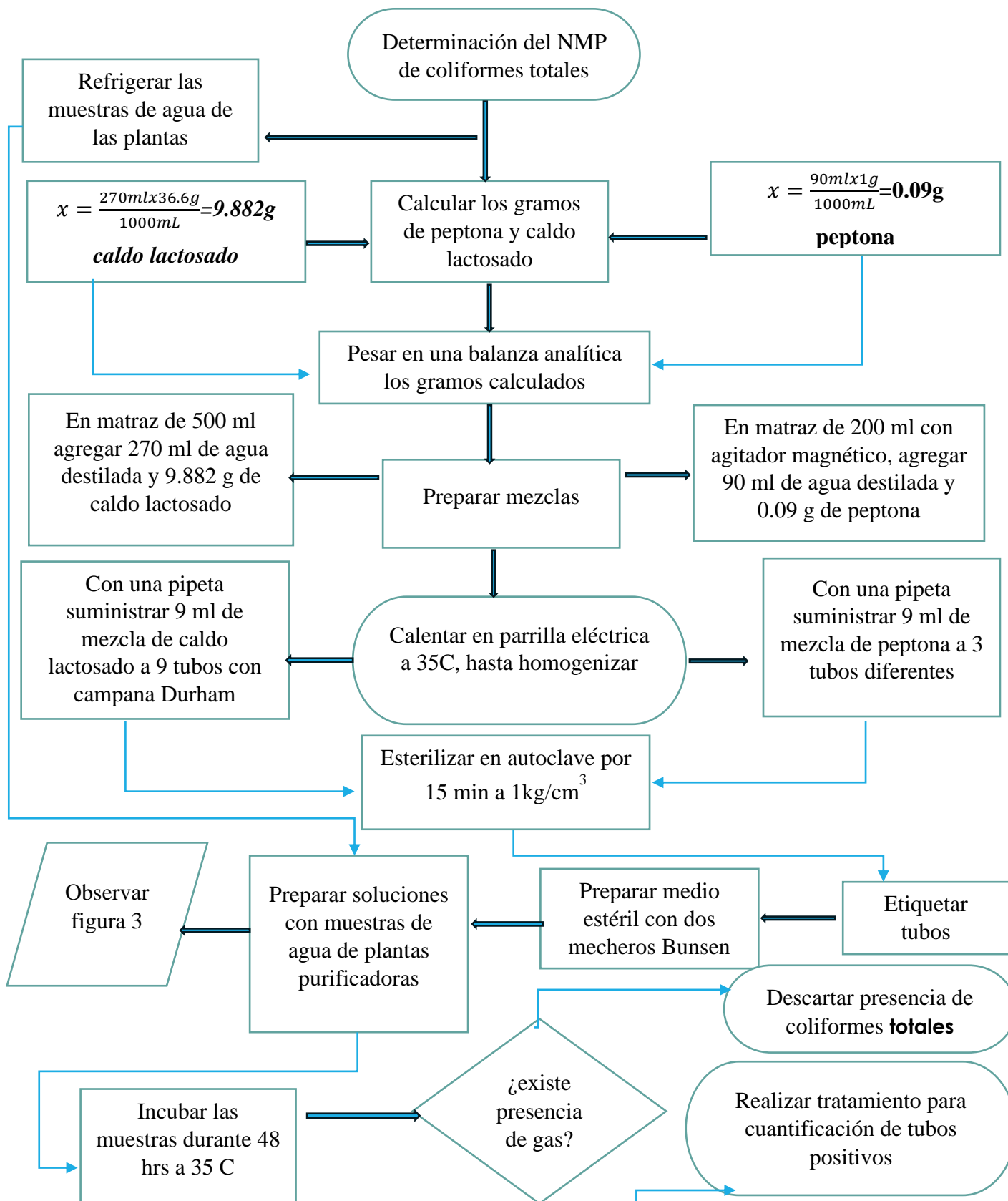
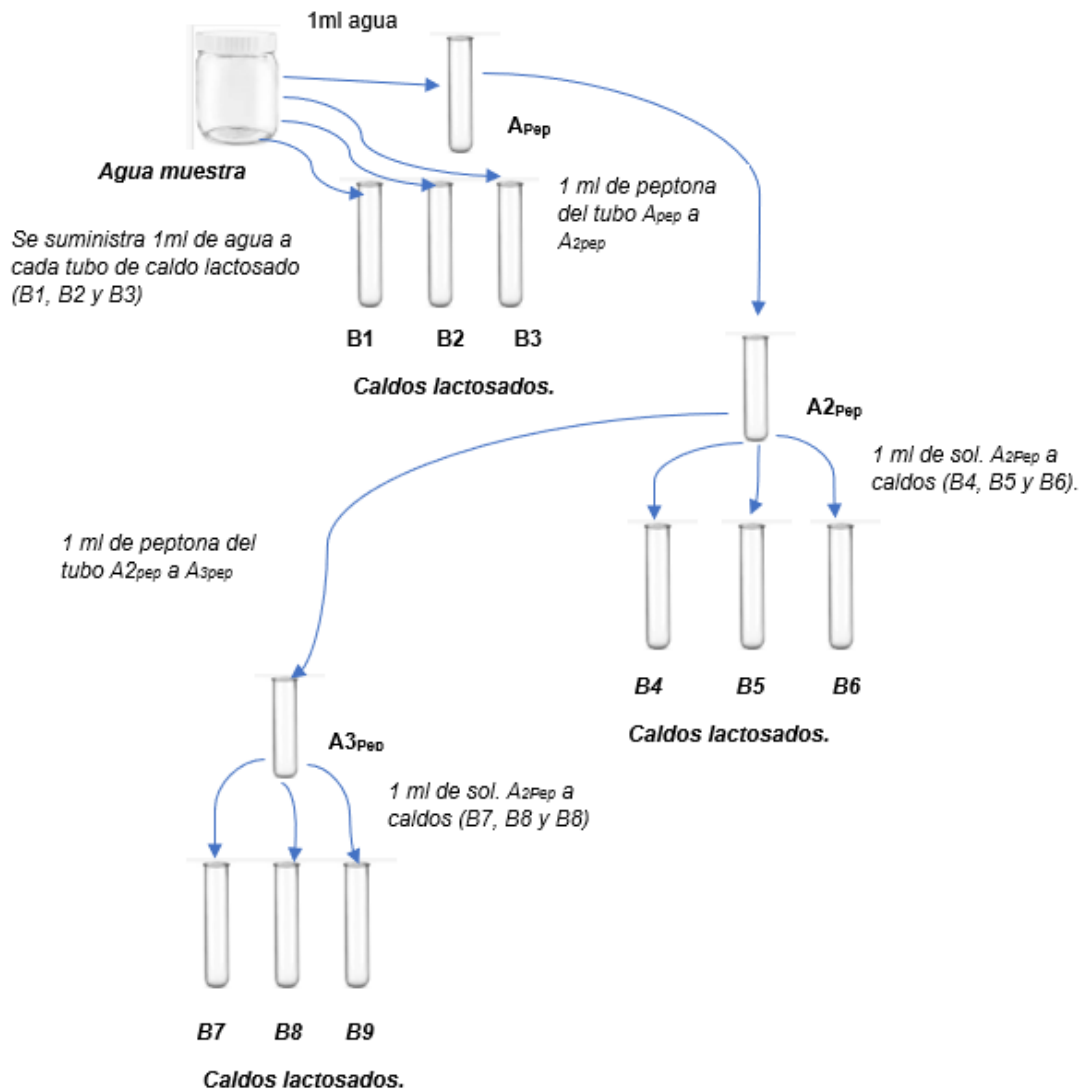




Fig.3 proceso de preparación de soluciones con muestras de agua de plantas purificadoras, para determinación del NMP de coliformes totales.





1.1. **Determinación de metales**

La concentración de cobre (Cu), manganeso (Mn), plomo (Pb) y zinc (Zn) en las muestras de agua se determinó por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica a través del método de llama. La concentración de los metales en las muestras de agua se calculó mediante la función de una curva de calibración (véase anexo 3).

1.2. **Evaluación de las plantas purificadoras de agua**

El cumplimiento de las normas y recomendaciones de buenas prácticas de operación influyen en la calidad del agua embotellada. Es así, que se elaboró un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas (véase Anexo 2) con el objetivo de conocer cómo operan las plantas purificadoras y si estas cumplen con las recomendaciones establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas NOM-201-SSA1-2015 y NOM-127-SSA1-2021. La encuesta se aplicó a las personas encargadas de los establecimientos. Asimismo, se realizó una lista de verificación (véase Anexo 4) para evaluar el cumplimiento de las normas antes mencionadas y de buenas prácticas de higiene y manufactura. A través de la observación de las instalaciones se llenó la lista de verificación.



CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

2. Calidad microbiológica del agua embotellada

Para el caso de coliformes totales en las muestras de agua provenientes de las plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Pue. (zotolin, la cañada y zoyatitla), la presencia de coliformes totales se logró descartar.

3.1.Determinación de metales (Cu, Mn, Zn y Pb) en agua embotellada

La siguiente tabla muestra los resultados de las concentraciones de Cu, Mn, Zn, y Pb en las muestras de agua provenientes de las tres purificadoras de aguas y los límites permisibles que establecen las NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-127-SSA1-2021.

Tabla 3. Concentraciones de metales (Cu, Mn, Zn y Pb) en muestras de agua embotellada provenientes de plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla

| Establecimiento | Cu | Mn | Zn | Pb |
|--------------------------|-----------------------|-----------|---------------|-----------|
| | (mg L ⁻¹) | | | |
| Zotolin | 0.0215 | 0.005 | 0.0155 | ND |
| La Cañada | 0.022 | 0.007 | 0.0155 | ND |
| Zoyatitla | 0.0345 | 0.021 | 0.025 | ND |
| Límite máximo permisible | | | | |
| NOM-201-SSA1-2015 | mg/L | 10 mg/L | No específica | 0.01mg/L |
| NOM-127-SSA1-2021 | 2 mg/L | 0.15 mg/L | 5 mg/L | 0.01 mg/L |



Como se logra observar las tres plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla cumplen con los límites permisibles que establecen las NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-127-SSA1-2021, para metales como Cu, Mn, Zn y Pb.

3.2. Diagnóstico general de la operación de las plantas purificadoras de agua

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los puntos positivos y negativos que practican las plantas purificadoras de agua de manera general. La tabla se construyó con base en la información recopilada de los cuestionarios, observaciones y la lista de verificación.

Tabla 4. Aspectos positivos y negativos de las plantas purificadoras de agua

| POSITIVO | NEGATIVO |
|---|--|
| Instalaciones y áreas | |
| Las instalaciones de las plantas purificadoras de agua de manera general son adecuadas para el proceso. | Paredes y techos con grietas en el área de producción. |
| Cuentan con buena ventilación e iluminación. | |
| Áreas de producción o elaboración del producto, libre de animales domésticos y mascotas. | |
| Equipos y utensilios | |
| Las cisternas, bombas y filtros reciben mantenimiento constante. | |
| Equipos resistentes a la corrosión. | |
| Los envases, tapas, material y equipos se encuentran libres de polvo. | |



| Almacenamiento | |
|--|--|
| Las plantas cuentan con un lugar específico para guardar herramientas de trabajo (trapeador, recogedores, fibras etc). | |
| Envasado | |
| Envases hechos de material inocuo que protege al producto. | Los envases llegan rotos a los hogares, lo que podría ocasionar la posible contaminación del producto. |
| Los envases son lavados y desinfectados antes de su uso. | |
| Personal | |
| Los empleados reciben capacitación al inicio del empleo. | Los empleados manipuladores del producto acuden a trabajar con síntomas como; diarrea, tos frecuente, escurrimiento nasal u otro problema de salud. |
| Los empleados acuden al trabajo con el cabello corto o recogido, utilizan protección que cubre el cabello, cubrebocas y vestimenta adecuada para la manipulación del producto. | Los jefes de las plantas no realizan estudios médicos con frecuencia al personal manipulador. |
| | Los empleados reciben el dinero del cliente sin ninguna protección, se observó que, en una planta, el empleado recibía el dinero de parte del cliente con guantes de manipulación, al finalizar la venta, continuó realizando su trabajo sin |



| | |
|--|---|
| | desinfectar los guantes. |
| | Desconocen los lineamientos que establece la NOM-201-SSA1-2015 |
| Las plantas purificadoras cuentan con programa de limpieza y desinfección. | Algunos empleados no emplean técnicas adecuadas de higiene, por ejemplo; se observó que, en una planta purificadora de agua, un empleado consumía alimentos en el área de proceso |
| Control | |
| Las plantas purificadoras de agua cuentan con una bitácora. | Las plantas purificadoras no cumplen con la frecuencia mínima para análisis de metales, metaloides y compuestos inorgánicos. |
| Registro diario del contenido de cloro residual libre. | Las plantas purificadoras de agua no realizan cada mes análisis de coliformes totales. |
| Cuentan con programa de limpieza y desinfección. | |
| Cuenta con programas contra plagas. | |
| Transporte | |
| Las plantas purificadoras de agua cuentan con una unidad exclusiva para el transporte del producto, las cuales se encuentran en buenas condiciones higiénicas. | |



En general, las plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo ejercen buenas prácticas, pero aún tienen algunas debilidades, por medio de las siguientes propuestas de mejores prácticas, se recomienda a los productores de agua purificada implementarlas con el fin de mejorar el servicio que ofrecen.

1. Realizar una vez al mes análisis microbiológicos (coliformes totales) como establecen la NOM-201-SSA1-2015, con el fin de garantizar la inocuidad en el producto.
2. Realizar una vez al año pruebas de metales, metaloides y compuestos inorgánicos, como establece la NOM-201-SSA1-2015.
3. Sellar fisuras y grietas en las paredes interiores de la planta purificadora de agua, con el fin de evitar la presencia de artrópodos.
4. El personal manipulador del producto por ningún motivo debe ingerir alimentos en el área de producción.
5. El personal manipulador del producto por ningún motivo debe acudir al centro de trabajo cuando presente: fiebre, diarrea, dolor de garganta, estornudos, dolor de estómago o algún malestar que comprometa su salud.
6. El personal manipulador del producto por ningún motivo debe recibir dinero sin protección (guantes).
7. Mejorar la técnica del lavado del envase, con el fin de evitar residuos que podrían contaminar el producto terminado.
8. Capacitar constantemente al personal manipulador en cuanto a prácticas higiénicas.



9. El personal manipulador por ningún motivo debe tener: el cabello suelto, uñas largas, maquillaje y joyas durante la elaboración del producto.
10. Desechar envases (garrafones), perforados o que se encuentren en mal estado, para evitar contaminación del producto (agua).

Con las propuestas anteriores las plantas purificadoras de agua asegurarían la inocuidad del producto y mejorarían la calidad de este. }

4. Conclusiones y recomendaciones

La presente investigación determinó que las plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla no cumplen en su totalidad con los lineamientos que establecen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-201-SSA-2015 y NOM-127-SSA1-2021), debido a que infringen algunos de estos. Un aspecto importante, es que no realizan análisis fisicoquímicos y tampoco microbiológicos del agua que producen, con la frecuencia que establece la norma, algunos, justificándose con la idea de que son caros y al realizarlos, estarían aumentando el precio de su producto y no podrían competir en el mercado. Otra situación en particular es que, los empleados que están en el área de producción acuden a trabajar aun estando enfermos, lo que podría resultar negativo, ya que el producto terminado se podría contaminar y de esta manera, no se podría asegurar la salubridad de este.



Sin embargo, en esta investigación se realizaron algunos análisis de metales y coliformes totales, los resultados fueron favorables para las tres plantas purificadoras de agua, ya que, en el caso de los metales (Cu, Mn, Pb y Zn), se determinó que están dentro de los límites permisibles que establecen las NOM-201-SSA1-2015 y la NOM-127-SSA1-2021.

Para el análisis de coliformes totales, no se obtuvo presencia de estos, por lo que, se podría asegurar que, en ese periodo de tiempo, el agua estaba libre de contaminación bacteriana.

Por otro lado, cabe destacar las buenas prácticas que aplican las plantas purificadoras, por ejemplo, los equipos y materiales, se encuentran en buen estado y libres de contaminantes. Además, los empleados de las plantas purificadoras de agua llevan en tiempo y forma las bitácoras correspondientes del día a día, utilizan ropa adecuada para la manipulación del producto, llevan a cabo un plan de saneamiento y tienen un plan de control contra plagas. Así mismo es importante recomendar a las plantas purificadoras de la ciudad de Tetela de Ocampo, que sean constantes en la capacitación del personal, para que de esta manera tengan conocimiento de su papel en la aplicación de medidas sanitarias y desarrollar sus propias obligaciones teniendo en mente la inocuidad y de esta manera prevenir peligros de contaminación que afectan la inocuidad del producto.

Por último, la hipótesis de la presente investigación es aceptada, ya que en base a las evaluaciones que se realizaron, de manera general, se puede mencionar que las plantas purificadoras de agua si ejercen buenas prácticas de manufactura e higiene, demostrando que en el periodo que se realizó la investigación la calidad del agua era adecuada para los consumidores.



Referencias bibliográficas

Albacerrin, Carrascal(2005). *Manual de Buenas prácticas de Manufactura para las microempresas lácteas* (tesis de grado ingeniería industrial). Pontificia Universidad Javeriana.

Camacho et al (2009). Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos:

http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/acym/TecnicBasicas-Colif-tot-fecales-Ecoli-NMP_6529.pdf

Campos (2021). ¿estás seguro de que el agua que consumes es segura? Publimetro. <https://www.publimetro.com.mx/mx/estilo-vida/2021/07/22/estudio-revela-que-95-mil-ninos-mueren-por-mala-calidad-del-agua.html>

Carbotecnia (2021), proceso típico de purificación. Carbotecnia. https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/tratamiento-de-agua/proceso-de-purificacion-de-agua/#1_Desinfeccion

Cevallos, Astudillo (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa de tratamiento purificación y envasado de agua para el consumo humano en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados*. (tesis de grado ingeniería industrial). Escuela superior tecnológica de Chimborazo. <https://core.ac.uk/download/pdf/234578948.pdf>



Corrales, C (2021). Las Buenas prácticas en la Cooperación Internacional para el Desarrollo: los casos de Chile y Honduras. (caso de estudio). Universidad de Chile.

Repositorio de la universidad de chile:

https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/184402/Las_buenas_practicas_en_la_cooperaci%C3%B3n_internacional_para_el_desarrollo_los_casos_de_Chile%20y_Honduras.pdf?sequence=1

Decreto 3075 de 1997 (presidente de la República Colombiana). Por el cual se reglamenta parcialmente la ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-3075-de-1997.pdf>

El Economista (2021). Agua en México presenta estudios de calidad en CDMX y Guadalajara. El economista. <https://www.economista.com.mx/arteseideas/Agua-en-Mexico-presenta-estudios-de-calidad-en-CDMX-y-Guadalajara-20211130-0153.html>

Fuentes, Duarte (2015). Índice de Capacidad de Proceso sobre Calidad Microbiológica Histórica de Agua en Planta Purificadora del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) Unidad Náinari Gutiérrez. *La sociedad Académica*, (46). 11-16.

<https://www.itson.mx/publicaciones/sociedad-academica/Documents/lisa46.pdf>

García & Guerrero (2019). El consumo de agua embotellada en México. Saber más. <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/352-numero-41/645-el-consumo-de-agua-embotellada-en-mexico.html>.



Gutiérrez et, al (2016). Manual de Operación y Mantenimiento del Sistema de Captación de Agua de Lluvia de Cherán Michoacán. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*:

https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/cheran/files/assets/common/downloads/publication.pdf

Instituto Politécnico Nacional (2015, 17 de noviembre). Purificadoras venden agua contaminada con material fecal: científicos del IPN (comunicado de prensa).

Jiménez, A (2023). ¿por qué los mexicanos pagan más por agua embotellada que por agua potable? El país. <https://elpais.com/mexico/2023-09-08/por-que-los-mexicanos-pagan-mas-por-agua-embotellada-que-por-agua-potable.html>

Machado, D (2013). México es el tercer país en consumo de agua embotellada superado por Estados Unidos y China. Mas por más DF. <http://www.maspormas.com/nacion-df/df/el-mayorconsumidor-de-agua-embotellada-en-mexico>

Montero (2017). Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres. [Agua.org.mx](http://agua.org.mx). [Purificadoras de agua y consumo masivo: el agua de los pobres – Agua.org.mx](http://agua.org.mx)

Montoya,T (2014). *Documentación de las Buenas Prácticas de Manufactura en la producción y venta de agua potable de la industria de alimentos Álamo BS S.A.S* (tesis de grado ingeniero industrial). Universidad Autónoma de Occidente. Repositorio de la universidad de Occidente.



Olivos S. (2021). *Propuesta para reducir el producto no conforme en una planta purificadora de agua en Coatepec, Ver., aplicando análisis estadísticos*. (tesis de grado maestría en ingeniería de calidad). Universidad Veracruzana. Repositorio Universidad Veracruzana:

<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/1944/52647/OlivosSantiagoArturo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Pacheco Vega, R (2015). Agua embotellada en México: de la privatización del suministro a la mercantilización de los recursos hídricos. Espiral. *Estudios sobre Estado y Sociedad*, 22(63), 221-263. <https://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v22n63/v22n63a7.pdf>

Puritec de México, 2019 ([Purificadoras de Agua Puritec de México - Venta al precio más bajo \(puritecdemexico.com\)](http://puritecdemexico.com))

Ramos & Landino (2011). *Evaluación de calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas envasadas en bolsas distribuidas en áreas metropolitana de san salvador en el periodo de septiembre octubre-2008*. (trabajo de grado licenciatura en química y farmacia). Universidad del Salvador. Repositorio de UNH: [universidad de el salvador facultad de quimica y farmacia \(ues.edu.sv\)](http://universidaddeelsalvadorfacultaddequimicayfarmacia.ues.edu.sv)

Restrepo A (2010). *Documentación de las Buenas Prácticas de Manufactura en la empresa Montevidal LTDA del municipio de Cartago-Valle según decreto 3075 de 1997* (tesis de grado Químico Industrial). Universidad Tecnológica de Pereira. Repositorio de la UTP: <https://repositorio.utp.edu.co/items/849f8593-25f4-43b9-ad67-27e2f77bb0ff>



Rios et. al (2015). Índice de capacidad de Proceso sobre Calidad Microbiológica Histórica de Agua en Planta Purificadora del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). *La sociedad Académica*, 46, 11-16.

Rosas et. al (2018). Análisis de puntos de riesgos en purificadora de agua potable (tesis de grado maestría en seguridad alimentaria y nutrición, Universidad Veracruzana).

Repositorio de la UV:

<http://www.egnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad/article/view/389>

Secretaria de economía (2021). Sabes cómo te benefician las normas oficiales mexicanas. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/sabes-como-te-benefician-las-normas-oficiales-mexicanas?state=published>

Secretaria de Economía (2016). NMX-AA-42-1987. Calidad del agua-determinación del número más probable (NMP), de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichia coli presuntiva. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa042.pdf>

Secretaria de Salud (1994). NOM-109-SSA1-1994, Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881801&fecha=21/09/1995#gsc.tab=0

Secretaria de Salud (2002). NOM-230-SSA1-2002. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo de agua.

https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2081772&fecha=12/07/2005#gsc.tab=0



Secretaria de Salud (2017). NOM-127-22A1-2021, Agua para uso y consumo humano. Limites permisibles de la calidad del agua:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5650705&fecha=02/05/2022#gsc.tab=0

Secretaria de Salud. (1994). NOM-041-SSA1-1993. Bienes y servicios. Agua purificada envasada.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4695654&fecha=16/05/1994#gsc.tab=0

Secretaria de Salud. (2013). NOM-201-SSA1-2015. Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420977&fecha=22/12/2015#gsc.tab=0

Swistock, B (2020) Bacterias coliformes totales. *The Pennsylvania State University*.
[Bacterias Coliformes \(psu.edu\)](https://www.psu.edu)

Tornero et, al (2009). Control sanitario del agua purificada de venta en las “llenadoras” ¿contaminada o apta para el consumo humano? *Química y sustentabilidad ambiental: Control sanitario del agua purificada de venta en las “llenadoras” ¿contaminada o apta para el consumo humano (buap.mx)*

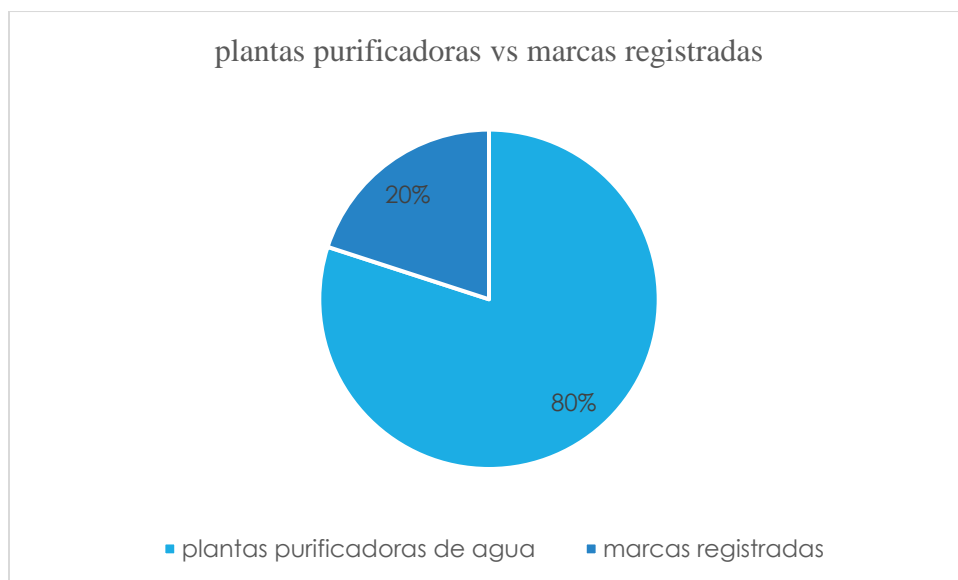
Tumanggor & Kurniawan (2019). Analysis of Quality Control of Production of Bottled Water. *European Union Digital Library*. [Analysis of Quality Control of Production of Bottled Water - EUDL](https://www.eudl.org/)



5. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de pastel, 8 de cada 10 habitantes de la ciudad de Tetela de Ocampo consumen agua embotellada de plantas purificadoras de agua.

La estadística se determinó por medio de un muestreo aleatorio, donde la población fueron las familias tetelenses.



Anexo 2. Encuesta a jefes de plantas purificadoras de agua de la ciudad de Tetela de Ocampo, Puebla.

Nombre de la planta purificadora de agua: _____

Fecha: _____ lugar _____

- ¿Considera que el agua que produce es de buena calidad?
Si No No lo sé
- ¿De dónde toma el agua que procesa en la planta?
Manantial Ayuntamiento otra respuesta:
- ¿Cuenta con un programa de muestreo?
Si No
- ¿realizan análisis organolépticos y físicos?
Si No
- ¿cada cuánto los realiza?
Cada mes Cada año Nunca otra respuesta:



6. ¿Realiza análisis microbiológicos (coliformes totales)?
Cada mes Cada año Nunca otra respuesta:
7. ¿Realiza análisis de metales, metaloides, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos sintéticos?
Cada mes Cada año Nunca otra respuesta:
8. ¿realiza análisis de compuestos radiactivos?
Cada 3 años Cada 5 años Nunca otra respuesta:
9. ¿Cuándo algún empleado enferma (p/e gripe, tos, diarrea etc), acude al centro de trabajo?
En ocasiones debe trabajar no trabaja otra respuesta:
10. ¿tiene conocimiento de lo que establece la NOM-201-SSA1-2015?
11. ¿tiene conocimiento de lo que establece la NOM-127-SSA1-2021?
12. ¿Las tuberías que utiliza para el proceso de purificación del agua, son únicamente para transportar el agua que va a tratar?
Si No otra respuesta:
13. ¿hace cuánto tiempo realizó algún tipo de mantenimiento a bombas y tuberías?
14. ¿para el transporte del producto terminado tiene una unidad específica para este?
Si No otra respuesta:
1. ¿cuenta con áreas de producción o elaboración de los productos, libres de animales domésticos y mascotas?
Si No otra respuesta:
2. ¿cuenta con drenajes (coladeras) con cubierta que impida la entrada de plagas provenientes del alcantarillado o áreas externas?
Si No otra respuesta:
3. ¿cuenta con un sistema para el control de plagas (moscas, mosquito, ratones etc)?



Si No otra respuesta:

4. ¿el personal que labora en su planta se abstiene de fumar, comer, beber, toser, estornudar, escupir o mascar en las áreas donde se entra en contacto directo con el producto(agua)?

Si No otra respuesta:

5. ¿lleva a cabo un programa y registros o bitácoras de limpieza y desinfección de las instalaciones, equipos, utensilios y transportes?

Si No otra respuesta:

6. ¿cuenta con una zona específica para almacenamiento?

Si No otra respuesta:

7. ¿cuenta con evidencia documental de la realización de análisis clínicos (exudado faríngeo y coproparasitoscópico), por lo menos una vez al año, del personal que está en contacto con la producción de agua?

Si No otra respuesta:

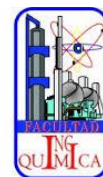
Anexo 3. Calibración para Mn, Pb, Cu y Zn

Manganeso (Mn):

| Calibration data for Mn 279.48 | | | Equation: Nonlinear Through Zero | | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|------------|---------|
| ID | Mean Signal (Abs) | Entered Conc. mg/L | Calculated Conc. mg/L | Standard Deviation | %RSD | |
| HNO3 | 0.0000 | 0 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | |
| 0.2 | 0.0194 | 0.2 | 0.224 | 0.00 | 2.2 | |
| 0.4 | 0.0282 | 0.4 | 0.328 | 0.01 | 30.3 | |
| 0.6 | 0.0460 | 0.6 | 0.545 | 0.01 | 18.8 | |
| 0.8 | 0.0690 | 0.8 | 0.837 | 0.00 | 3.4 | |
| 1 | 0.0849 | 1.0 | 1.046 | 0.01 | 7.0 | |
| Correlation Coef.: | | 0.984697 | Slope: | 0.08793 | Intercept: | 0.00000 |

Plomo (Pb):

| Calibration data for Pb 283.31 | | | Equation: Nonlinear Through Zero | | | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|------------|---------|
| ID | Mean Signal (Abs) | Entered Conc. mg/L | Calculated Conc. mg/L | Standard Deviation | %RSD | |
| HNO3 | 0.0000 | 0 | 0.000 | 0.00 | 0.2 | |
| 0.4 | 0.0036 | 0.4 | 0.427 | 0.00 | 4.2 | |
| 0.8 | 0.0057 | 0.8 | 0.761 | 0.00 | 5.5 | |
| 1.2 | 0.0069 | 1.2 | 0.984 | 0.00 | 2.8 | |
| 1.6 | 0.0097 | 1.6 | 1.683 | 0.00 | 2.4 | |
| 2 | 0.0112 | 2.0 | 2.203 | 0.00 | 3.9 | |
| Correlation Coef.: | | 0.969176 | Slope: | 0.00997 | Intercept: | 0.00000 |



Cobre (Cu):

Calibration data for Cu 324.75

Equation: Nonlinear Through Zero

| ID | Mean Signal (Abs) | Entered Conc. mg/L | Calculated Conc. mg/L | Standard Deviation | %RSD |
|------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------|
| HNO3 | 0.0000 | 0 | 0.000 | 0.00 | 0.1 |
| 1 | 0.0939 | 1.0 | 1.093 | 0.00 | 3.9 |
| 2 | 0.1277 | 2.0 | 1.520 | 0.10 | 80.5 |
| 3 | 0.2454 | 3.0 | 3.170 | 0.00 | 0.3 |
| 4 | 0.3045 | 4.0 | 4.110 | 0.00 | 0.9 |
| 5 | 0.3574 | 5.0 | 5.026 | 0.03 | 7.6 |

Correlation Coef.: 0.985846 Slope: 0.09123 Intercept: 0.00000

Zinc (Zn).

| ID | Mean Signal (Abs) | Entered Conc. mg/L | Calculated Conc. mg/L | Standard Deviation | %RSD |
|------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|------|
| HNO3 | 0.0000 | 0 | 0.000 | 0.00 | 0.1 |
| 0.4 | 0.1204 | 0.4 | 0.401 | 0.00 | 1.1 |
| 0.8 | 0.2257 | 0.8 | 0.793 | 0.00 | 0.8 |
| 1.2 | 0.3264 | 1.2 | 1.204 | 0.00 | 0.6 |
| 1.6 | 0.4165 | 1.6 | 1.605 | 0.00 | 1.0 |
| 2 | 0.4983 | 2.0 | 1.996 | 0.00 | 0.5 |

Correlation Coef.: 0.999966 Slope: 0.31843 Intercept: 0.00000



Anexo 4. Tabla de evaluación de plantas purificadoras de agua.

| La planta cuenta con: | | PLANTA ZOTOLIN | | PLANTA CAÑADA | | PLANTA ZOYATITLA | |
|-----------------------|--|----------------|----|---------------|----|------------------|----|
| | | ¿Cumple? | | ¿Cumple? | | ¿Cumple? | |
| | | SI | NO | SI | NO | SI | NO |
| 1 | Instalaciones que eviten la contaminación de las materias primas y bebidas | X | | X | | X | |
| 2 | Pisos, paredes y techos de fácil limpieza dentro de las áreas de producción o elaboración | X | | | X | X | |
| 3 | Pisos, paredes y techos sin grietas o roturas dentro de las áreas de producción o elaboración | | X | | X | | X |
| 4 | Instalaciones apropiadas para almacenamiento y distribución de agua potable. | X | | X | | X | |
| 5 | Cisternas o tinacos utilizados para el almacenamiento de agua debidamente tapados. | X | | X | | X | |
| 6 | Filtro, trampas o cualquier otro mecanismo que impida la contaminación del agua, en las cisternas o tinacos que tengan respiradero | X | | X | | X | |
| 7 | Ventilación para evitar el calor y condensación de vapores excesivos, así como la acumulación de humo y polvo | X | | X | | X | |
| 8 | Iluminación adecuada que permita realizar las operaciones de manera higiénica | X | | X | | X | |
| 9 | Tarja exclusiva para el lavado de utensilios que impida el contacto directo con materias primas y productos en proceso. | X | | X | | | |
| 10 | Estaciones de lavado o desinfección de manos para el personal, accesibles al área de producción. | X | | X | | X | |
| 11 | Área exclusiva para el lavado personal de producto para empleados | X | | X | | X | |
| 12 | Cisternas continuamente limpias | X | | X | | X | |
| 13 | Tinacos continuamente limpios | X | | X | | X | |
| 14 | Presentarse aseado al área de trabajo, con ropa y calzado limpios | X | | X | | X | |
| 15 | Guardar ropa y objetos personales fuera de las áreas de producción. | X | | X | | X | |
| 16 | Utilizar guantes o protección de plástico cuando manipule dinero. | X | | X | | X | |
| 17 | Tener el cabello corto o recogido, utilizar protección que cubra totalmente cabello, barba, bigote y patilla, tener las uñas recortadas, sin esmalte y no usar joyas | X | | | X | X | |
| 18 | Cuenta con baños limpios y de uso exclusivo | X | | | X | | |
| 19 | Los envases, tapas, el material y equipos se encuentran libres de polvo | X | | X | | X | |
| 20 | El área de llenado se encuentra completamente aislada de las demás áreas, durante dicha operación, los accesos de recepción y salida del envase deben mantenerse cerrados o protegidos de manera que se evite la contaminación del producto. | X | | | X | | X |



Anexo 4. Tabla de evaluación de plantas purificadoras de agua.

| La planta cuenta con: | | PLANTA ZOTOLIN | | PLANTA CAÑADA | | PLANTA ZOYATITL A | |
|-----------------------|---|----------------|----|---------------|----|-------------------|----|
| | | ¿Cumple? | | ¿Cumple? | | ¿Cumple? | |
| | | SI | NO | SI | NO | SI | NO |
| 21 | Letreros visibles que señalen el riesgo que representa para la salud el llenado de envases sucios o que hayan contenido sustancias tóxicas y su manejo inadecuado | | X | | X | X | |
| 22 | Las tapas deberán ser nuevas y de material inocuo. | X | | X | | X | |
| 23 | Se debe contar con un dispositivo con solución suficiente para desinfección de calzado al ingreso de las áreas de llenado de moldes, desmoldado, corte, almacenamiento y envasado | X | | X | | X | |
| 24 | Las personas que ingresan desinfectan su calzado | X | | X | | X | |
| 25 | Los empleados consumen alimentos fuera del área de llenado | | X | | X | | X |
| 26 | El personal manipulador utiliza un traje especial durante la producción. | X | | X | | X | |
| 27 | El establecimiento debe estar situado en zonas libres de olores desagradables, humo, polvo y otros contaminantes y en lugares donde no se produzcan inundaciones; debe estar alejado, como mínimo, 500 m, de fábricas, bodegas o expendios de productos agroquímicos, y no debe estar cerca de basureros ni desagües a flor de tierra | X | | X | | | X |
| 28 | Debe disponerse de un área adecuada y separada de las áreas de proceso para que el personal ingiera sus alimentos. | X | | X | | X | |
| 29 | Debe impedirse la presencia y entrada de animales en el establecimiento. | X | | X | | X | |
| 30 | El sistema, equipo y material utilizados para cerrar los envases deben asegurar un cierre hermético impermeable de los recipientes y no dañar estos últimos ni modificar las propiedades químicas, bacteriológicas y organolépticas del producto. | X | | X | | X | |
| 31 | Todo vehículo de transporte de producto terminado debe ser limpiado, e inspeccionado por la empresa antes de cargarlo. Bajo ningún motivo se cargará en caso contrario. | X | | X | | X | |



Anexo 5. Imágenes visita a planta purificadora Zotolin



Imagen 1. Captación de agua pura.



Imagen 2. Esterilizador de luz UV



Imagen 3. Filtro pulidor.



Imagen 4. Area de lavado de garrafon.



Imagen 5. Area de llenado

Anexo 6. Imágenes del análisis NMP de coliformes totales

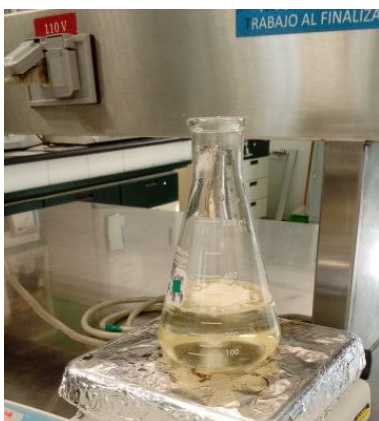


Imagen 6. Caldo lactosado

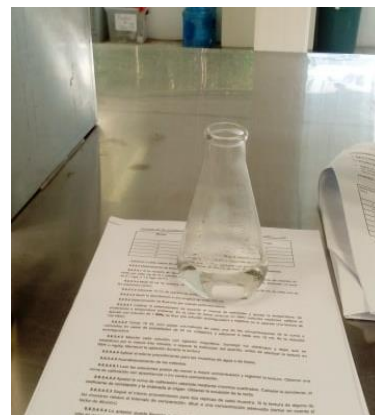


imagen 7. Peptona

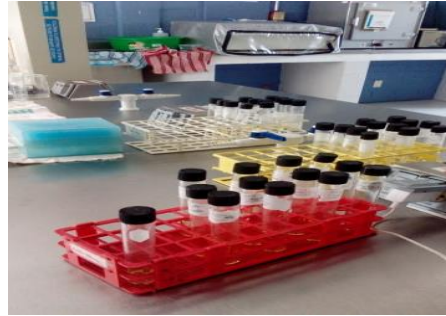


Imagen 8. Tubos con soluciones



Imagen 9. Autoclave

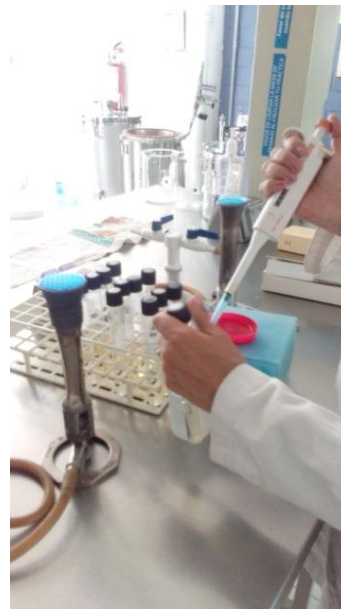


Imagen 10. Medio estéril



Imagen 11. Preparación de soluciones



Imagen 12. Incubadora.