

Agua purificada en la Alcaldía de Iztapalapa

Contaminantes en agua purificada



Metales pesados tóxicos como: mercurio, cromo, arsénico, plomo pueden generar problemas de salud en los consumidores.

El PET es la base de muchos contenedores de agua y alimentos

Hay evidencias de uso de estos garrafones hasta 100 veces.
Presencia de aditivos

Microplásticos se generan por: degradación, impacto mecánico y fricción. Transportan microorganismos como coliformes fecales

Judith Cardoso Martínez
Marco Antonio Linares Rendón
Departamento de Física, Área de Polímeros, CBI



Resumen

Las purificadoras de agua aparecieron a principio de la década de los 2000 y se han expandido a lo largo de todo el país, con un precio mucho menor al ofertado por las empresas transnacionales y se han arraigado de forma considerable, ya que han encontrado un nicho de oportunidad en los hogares de bajos ingresos, gracias a la nueva rama de la industria de bebidas que abrieron las transnacionales. También han contribuido de manera exitosa al reforzamiento de la creencia de la mala calidad del agua potable en México, aun cuando ellas mismas no venden, en muchos casos, agua de mejor calidad. A pesar de que en esta purificadoras se da un tratamiento al agua antes de ser embotellada para garantizar su mejor calidad, las condiciones con las que se maneja del agua no aseguran ser las mejores. Recientemente en nuestro grupo se ha realizado una evaluación de 58 purificadora de agua de la Alcaldía de Iztapalapa. Dentro de nuestra investigación hemos evaluado los parámetros que se describen en la norma oficial mexicana (NOM-201-SSA-2915). Los principales contaminantes encontrados fueron los metales pesados, haciendo énfasis en el hierro y el manganeso, tóxicos en valores superiores a los límites máximos permitidos por la Norma. Se presentan dos propuestas de filtros para mejorar la calidad de agua potable. Adicionalmente la presencia de coliformes fecales y microplásticos sugieren una purificación más avanzada para evitar problemas de salud a los consumidores.

Abstract

Water purifiers appeared in the 2000s and have expanded throughout the country, with a much lower price than that offered by transnational corporations, and have taken root considerably, as they have

found a niche of opportunity in low-income households, thanks to the new branch of the beverage industry opened by transnationals. They have also successfully contributed to reinforcing the belief of the inadequate quality of drinking water in Mexico, even though they themselves do not sell, in many cases, better quality water. Even though in this purifier the water is treated before being bottled to guarantee its best quality, the conditions with which the water is handled do not ensure that they are the best. Recently, our group has conducted an evaluation of 58 water purifiers of Iztapalapa. As part of our research, we have evaluated the parameters described in the official Mexican standard (NOM-201. SSA-2915). The main contaminants found were heavy metals, with emphasis on iron and manganese, which are toxic in values higher than the maximum limits allowed by the norm. Two proposals for filters are presented to improve the quality of drinking water. Additionally, the presence of fecal coliforms and microplastics suggests a more advanced purification to avoid health problems for consumers.

Palabras claves: agua potable; purificadoras; calidad del agua; filtros de zeolita

Introducción

El agua es un líquido incoloro e insípido que cubre aproximadamente el 71% de la tierra. Es evidente que, a pesar de contar con enormes cantidades de agua en el planeta, no toda se encuentra disponible en para ser aprovechada directamente por los seres vivos (<0.3%), ya que encuentra principalmente en agua subterránea y en los casquetes polares. El agua es un derecho humano plasmado desde 2012 en el artículo cuarto de la constitución mexicana y tiene valor económico, social y ambiental. Se debe ha-

cer conciencia que el recurso hídrico es cada vez más escaso tanto en la superficie como subterránea e imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. Es un gran impulsor para el desarrollo económico e industrial de un país, pero este crecimiento trae consigo una mala gestión, ya que excluye la protección al medio ambiente que se ha visto afectado por las malas prácticas en estos sectores. El problema es la cantidad de materia orgánica, los metales pesados, los aditivos que se adicionan a los plásticos, colorantes, pesticidas, fármacos, fertilizantes, etc., por lo cual el agua disponible para uso consuntivo se encuentra altamente contaminada y sobreexplotada.

Calidad del agua

La calidad del agua es fundamental para el consumo humano y debe estar normado para la estrategia del desarrollo sostenible, entendido éste como una gestión integral que busque el equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental a través de un mecanismo regulador que es la participación social efectiva. **En la actualidad se vive una gran presión sobre el vital líquido en la Ciudad de México ya que este recurso escasea y la gran mayoría viene de acuíferos sobreexplotados (70-80%) y el resto (20-30%) se debe importar de otras cuencas (como del Sistema Cutzamala) para satisfacer la demanda de agua potable.** Este recurso distribuido en toda la república debe cumplir con las normas mexicanas que garanticen su adecuada calidad para el consumo humano.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) promulga las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEMARNAT-2021 **que establece los límites de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes na-**

cionales. y NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal para regular los niveles de metales pesados en efluentes industriales; la primera para descargas a mares o ríos y la segunda a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. También la Secretaría de Salud expide la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, **Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua.** Estas normas son reguladas y controladas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para proteger las aguas nacionales en México. Finalmente, la Norma oficial NOM-201-SSA1-2015, **norma oficial que establece las características y especificaciones sanitarias que debe cumplir el agua y el hielo para consumo humano que se comercializa preenvasado o a granel, etc.**

La problemática del agua se ha extendido a lo largo del territorio abordando muchos temas, tanto de cantidad como de calidad, ya que en muchas poblaciones se padece de escases y/o mala calidad, por lo cual no es adecuada para uso humano, entiéndase como consumo directo o indirecto. En la Ciudad de México, sobre todo en la zona oriente, que incluye la alcaldía de Iztapalapa, no se cumple con las características organolépticas por lo que la población de dicha alcaldía tiene incertidumbre acerca de su calidad y ha dado lugar a la comercialización de agua embotellada por industrias transnacionales y por pequeños negocios de purificadoras.

Agua embotellada y purificada

El agua embotellada es consumida por un gran número de mexicanos debido a la in-

certidumbre que tienen sobre la calidad del agua potable que llega diariamente a sus hogares. La industria del agua embotellada es la rama de mayor crecimiento en el sector de bebidas en México. Somos el primer país en consumo per cápita de agua embotellada a nivel mundial, en promedio 390 litros por persona al año en la Ciudad de México (CONAGUA, 2021). Tan solo el gasto anual de los hogares de la Ciudad de México en la compra de agua embotellada es de más de cuatro mil millones de pesos. La alcaldía de Iztapalapa es la que más consume agua embotellada (590 litros por persona al año) en la Ciudad de México y posiblemente en el país (Montero, 2019).

En la actualidad el agua purificada y embotellada se ha convertido en una alternativa para el consumidor, sobre todo en la zona oriente de la ciudad, donde el agua extraída del subsuelo (casi el 80%) no garantiza la calidad necesaria para ser consumida por los pobladores. Haciendo un estimado, de acuerdo **con el INEGI (2023), en la Alcaldía de Iztapalapa existen alrededor de 933** plantas de Purificación y embotellado de agua, siendo la delegación con la que mayor concentración de estas plantas en la Ciudad de México.

Como parte de la alta demanda de agua embotellada en México podemos citar algunos factores que convergieron para arraigar esta nueva conducta de consumo de agua, como fue el caso del sismo de 1985 y en 1990 la pandemia del cólera, cuando se sugirió a la población no consumir el agua que provenía del sistema de agua potable por miedo a que ésta estuviera contaminada con aguas residuales. La falta de certeza de la calidad del agua modificó los hábitos de consumo, desplazándose hacia otros supuestamente más seguros como el

agua embotellada, invadiendo el mercado nacional en un lapso de 30 años.

Las purificadoras de agua **surgieron a principio del 2000** y se han expandido a lo largo de todo el país, con un precio mucho menor al ofertado por las empresas transnacionales; se han arraigado de forma considerable, y han encontrado un nicho de oportunidad en los hogares de bajos ingresos; también han contribuido de manera exitosa al reforzamiento de la creencia de la mala calidad del agua potable en México, aun cuando ellas mismas no venden, en muchos casos, agua de la mejor calidad.

Por otro lado, las botellas de polietileno tereftalato (PET) llegaron a México a mediados de la década de 1980 con gran aceptación entre los consumidores. Los envases producidos con base en este polímero se utilizan principalmente en la industria alimentaria y del agua. En particular, resultan especialmente adecuados para contener líquidos a presión, siendo el envasado de bebidas carbonatadas su principal aplicación. Además, la disminución en los costos de fabricación y el desarrollo de tecnologías que mejoran substancialmente las propiedades de las botellas de PET, han permitido un crecimiento notable en el número de aplicaciones, además que México ocupa el segundo lugar en consumo de botellas de PET para bebidas carbonatadas, después de Estados Unidos. Sin embargo, un gran problema en México es que estos garrafones se utilizan hasta 100 veces, por lo cual no es difícil encontrar microplásticos en el agua purificada que consumimos.

Estudios recientes en México han demostrado la presencia de contaminantes químicos y microbiológicos en agua embotellada y purificada, donde sugieren se realicen

programas de monitoreo que garantice la calidad e inocuidad de éstas, pues la presencia de tales elementos puede ser un peligro para la salud humana (Arévalo-Pérez, Martínez-León, Lemus-Pérez, & Rodríguez-Susa, 2014). Por otro lado, Montero (2019) reportó la percepción del agua potable en la alcaldía de Iztapalapa y como esta influyó, entre otros aspectos, en el consumo masivo del agua embotellada y purificada.

Se ha demostrado la presencia en agua potable, agua embotellada y purificada de metales pesados, tales como el arsénico, plomo, hierro, manganeso, cadmio, cromo, etc. los cuales pueden causar afecciones a los organismos acuáticos, al ambiente y al ser humano. Algunos compuestos con metales pesados como el cromo, el cadmio y el plomo se utilizan en la producción de colorantes, estabilizadores y plastificantes. Pueden liberarse de los desechos contaminados en los sistemas de agua e ingresar a la cadena alimentaria para causar la bioacumulación de toxinas en los organismos vivos.

Pocos estudios se han realizado en la Ciudad de México sobre la calidad del agua de estos pequeños negocios de purificadoras. Villegas (2018) presentó en su trabajo de tesis una evaluación microbiológica de 104 establecimientos distribuidos en la ciudad de México, encontrando los siguientes resultados: coliformes totales se obtuvo que 69 establecimientos (62.2%) no cumplían la norma 201 y 23 de ellas (21%) contenían coliformes fecales; ambas se utilizan como indicadores de la calidad sanitaria del agua y los productos alimenticios.

A pesar de que en la Alcaldía de Iztapalapa hay 49 % de las purificadoras de las 2540 que existen en la CDMX (INEGI, 2023), poca información se tiene sobre la

calidad del agua que se expende en estas purificadoras de la Alcaldía.

Dentro de los métodos más utilizados para la remoción de microcontaminantes o contaminantes emergentes se encuentran los tratamientos fisicoquímicos: coagulación-floculación, electrocoagulación, adsorción, carbón activado, ósmosis inversa, fotodegradación, electro-Fenton y nanofiltración. Sin embargo, se ha reportado que los métodos más eficientes son la adsorción y la nanofiltración (Foo y Hameed 2010). El método de adsorción demostró su eficiencia en la generación de efluentes tratados seguros y menos tóxicos; mostrando así su potencial como método avanzado para el tratamiento de aguas purificadas. Para el caso específico de los microorganismos, que incluye a las bacterias, virus, hongos, etc., los métodos más frecuentemente utilizados, y que normalmente se encuentran en el tren de tratamiento de muchas purificadoras, son las lámparas de luz ultravioleta o sistemas de ozonización que destruye a estos microorganismos, aunque no siempre se encuentran en óptimas condiciones.

De acuerdo con lo anterior, el objetivo de este proyecto es determinar la calidad del agua, **considerando principalmente los contaminantes fisicoquímicos**, de purificadoras distribuidas en la Alcaldía de Iztapalapa y proponer alternativas para mejorar la calidad de esta agua para consumo humano.

Estudio de la calidad del agua en purificadoras de la Alcaldía de Iztapalapa

En total se analizaron 58 muestras de las diferentes purificadoras existentes en la Alcaldía de Iztapalapa, las cuales se muestran en la Figura 1.

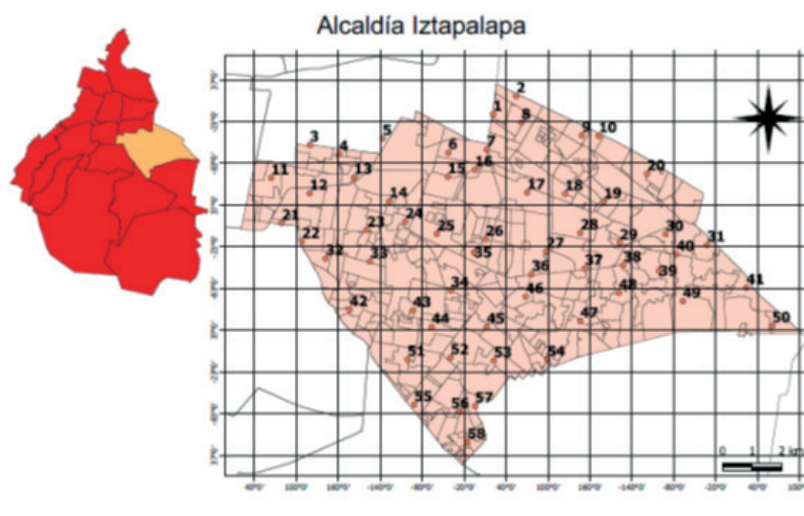


Figura 1. Imagen de la Alcaldía de Iztapalapa de la Ciudad de México, con los diferentes puntos de muestreo

Algunos parámetros fisicoquímicos determinados para las muestras de estas purificadoras fueron los siguientes, y se referenciaron con respecto a la NOM-201-SSA-2015: el cloro residual libre en la mayoría de las muestras no se detectó su presencia, lo que indica que o no adicionan cloro para su purificación o no se adiciona en la cantidad requerida y se consume rápidamente por la oxidación de microorganismos o materia oxidable. Lo mismo sucede con los nitratos que en su determinación no se detectó presencia a excepción de 2 muestras que no rebasaron el LMP (10 mg/L). La turbiedad no rebasó los límites máximos permitidos que son menores a 5 NTU. La determinación de la demanda química de oxígeno (DQO) mostraron valores de 1-12 mg/L, indicando agua de calidad aceptable, pero que puede mejorarse.

En contraste, la determinación de metales pesados mostró valores superiores a los máximos permitidos en la normatividad señalada. En la Tabla 1 se indican los promedios de los valores obtenidos,

expresándolos en porcentaje, de las purificadoras estudiadas, donde se resalta que las purificadoras que no cumplen con la norma fijada para el arsénico y el cromo excede al 90%, por lo cual el agua en muchos casos no sería adecuada para el consumo humano.

Parámetro (LMP*, en ppm, de acuerdo con la NOM 201)	No. De Purificadoras fuera de norma	% Purificadoras que no cumplen la norma
Antimonio (0.05)	32	55
Arsénico ** (0.01)	58	100
Bario (0.7)	0	0
Cobre (1)	0	0
Cromo total** (0.05)	53	91
Mercurio (0.001)	34	59
Niquel (0.02)	0	0
Plomo** (0.01)	51	88
Selenio (0.01)	0	0
Hierro*** (0.03)	28	48
Fluoruro (0.7)	0	0
Coliformes totales (NMP/100 mL)	38	66
DQO (<1.1)	23/23	No Apta
Color (Pt/Co)	2	3%

*LMP se refiere a los límites máximos permitidos; **Posiblemente cancerígenos; ***obtenido de Norma 127

Tabla 1. Parámetros indicados en la Norma-SSA1-201-215 obtenida de 58 purificadoras en la Alcaldía de Iztapalapa

En la Tabla 1 se muestran los principales parámetros determinado en las purificadoras analizadas indicando calidades variables en ellas, excepto en los metales pesados donde varios de ellos se encuentran presentes y serían un peligro para la salud de los consumidores.

Propuesta de soluciones

La mayor preocupación que existe hoy en día se debe al contenido de metales que se han encontrado en el agua tratada de muchas de estas purificadoras, y se resalta la pobre calidad y baja eficiencia de los métodos de tratamiento de agua de pozo, por parte de estas purificadoras. El hecho de encontrar estos metales pesados en la mayoría de ellas, como se ha presentado anteriormente, resalta que el agua tratada provenientes de pozos, se pudiera compartir a niveles freáticos, acuífero y aguas libres con características geológicas similares; e incluso iguales. De esta forma, se propuso el desarrollo de una tecnología sostenible para poder resolver esta problemática presente en la mayoría de las purificadoras de la alcaldía Iztapalapa

Filtrado físico con zeolitas

Una de las ventajas que se pudieran contemplar para esta agua tratada proveniente de las purificadoras es que no requiere de las etapas de tratamiento primarios y secundarios, dónde se remueven aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos, y el contenido biológico (residuos orgánicos) del agua residual, respectivamente. Además de que no presenta una elevada dureza (iones calcio y magnesio), y la mayor parte de los contaminantes se encuentran en concentraciones bajas de partes por millón (ppm= mg/L), por lo cual se pueden emplear métodos económicos de filtración. La eficiencia de estos procesos es bastante conocida; sin embargo,

se encuentran escasamente investigados para este tipo de aplicaciones con una gama de metales pesados. Bajo este esquema, se ha considerado el tratamiento empleando material filtrante convencional (arena sílice, zeolita y carbón activado). Brevemente se describe esta técnica de tratamiento, denominada como sistema 1 y se muestra en la de la Tabla 1. Se emplea típicamente una cama doble (en algunas ocasiones triple), empaquetando una cama de arena sílice ($d=1-2$ mm) y posteriormente seguido de una capa de grava. Teóricamente la capa superior de la cama realiza filtración, mientras que la capa inferior provee soporte necesario y asiste en la hidráulica considerada en el ciclo de retrolavado (remoción de los contaminantes de los filtros). La arena de sílice es el medio granular filtrante más utilizado, y puede ser obtenida con gran facilidad a nivel nacional. La cama inferior de grava será empleada como soporte para contener los medios filtrantes superiores (previniendo que se escapen y tapen la salida del filtro) y evitar el acanalamiento del agua. En esta dirección, el uso de la zeolita (1-2 mm) tiene propósitos específicos: absorbedor aniónico, absorbente de cationes de metales pesados, sorción de biocidas en el agua, reduce la concentración de hidrocarburos clorados, adsorbe los malos olores, ajusta los valores de pH, reduce el contenido total de nitrógeno, entre otros.

Los resultados de utilizar este sistema 1 se muestran en la Tabla 2, donde se incluye un esquema del prototipo utilizado. **Las dimensiones del filtro utilizado a nivel laboratorio son de 1 m de alto por 20 cm de diámetro, con entrada del fluido en la parte superior y salida en la parte inferior.** De los datos mostrados se considera que el pH sufre una ligera variación pero aún se encuentra dentro

Parámetro/LMP	Agua de entrada	Agua Filtrada
pH /6.5-8.5	7.71	8.18
TDS (mg/L)/<1000	872	2
Conductividad (µS/cm)	1740	3
Turbiedad (NTU)/ <5	18.12	6.76
Hierro (mg/L)/<0.3	0.48	0.03
Manganeso (mg/L)/<0.15	1.0	0.7

Sistema 1 (dimensiones: h=1m, d=20 cm)

Sistema 2 (dimensiones; h= 38 cm d= 18 cm)
(tomada de la tesis de Casiano, 2024)

Propuesta del sistema de filtros
(tomada de la tesis de Casiano, 2024)

Tabla 2. Resultados del tratamiento del agua de la llave con el sistema de filtrado 1 y 2 propuesto (se anexa un esquema de éstos).

de los LMP (6.5-8.5); hay una remoción de los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) del 99.8%. La turbiedad disminuyó un 62 %, pero aun así sigue sin cumplir la norma mexicana 127 (<5 NTU). Debido a que en el subsuelo de la Alcaldía de Iztapalapa su geología tiene alta concentración de compuestos de hierro y de manganeso (Domínguez y col., 2015) es importante analizar estos elementos. Los resultados muestran que este sistema eli-

mina exitosamente al hierro (concentración menor a 0.3 mg de Fe/L), pero solo se logró eliminar un 30% del manganeso (concentración máxima permitida en agua potable de 0.15 mg Mn/L).

De la Tabla 2 se muestra que el manganeso no llega el límite máximo que indica la norma 201. Considerando lo anterior, se propuso utilizar adicionalmente un tren de tratamiento en serie para eliminar al

Fe y al Mn consistiendo en zeolita natural clinoptilolita (1-2 mm) y zeolita con un recubrimiento de óxido de manganeso, **con tamaño de partícula de 0.16–1.4 mm y un recubrimiento con MnO₂ (10%)**, que está disponible comercialmente, **se etiquetó sistema 2. Adicionalmente, se utilizará en cada sistema de adsorción carbón activado**, para la remoción de compuestos orgánicos que producen olor, sabor, color o generan toxicidad, además de algunos iones. Este material se puede obtener de diversos residuos que contengan una gran cantidad de material carbonoso (cáscara de coco, fibras de la caña de azúcar, entre otros); sin embargo, su bajo costo y gran disponibilidad permiten que sea adquirido comercialmente.

Analizando nuevamente el agua con este nuevo prototipo (sistema 2) desarrollado en una tesis de maestría por una alumna del Programa de Energía y Medio Ambiente, se obtuvieron los siguientes resultados: a un pH de 9 tanto el hierro como el manganeso se eliminó el 100% resultando un agua con buena calidad para consumo humano, **considerando solo el aspecto de sus propiedades fisicoquímicas**. (ver tesis de Casiano, 2024).

De acuerdo con los resultados de ambos filtros, se sugiere que para tener una mejor calidad de agua, los sistemas 1 y 2 se deberían de poner en serie y, como sugerencia adicional, un tercer filtro de carbón activo. Este arreglo no fue probado aún (ver esquema en el cuadro de la Tabla 2).

Finalmente, en estudios de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) se identificaron en 4 purificadoras estudiadas la presencia de coliformes fecales. Se observó

la presencia de una bacteria que presuntamente se trata de *E. coli*; también se encontró una partícula de forma ovalada la cual comparando con la literatura, se encontró similitudes con una bacteria llamada *Giardia muris*, que la infecta los roedores, pájaros y reptiles. Su ciclo de vida es simple, de trofozoíto a quiste y con dos importantes tipos de diferenciación: el enquistamiento que es necesario para su sobrevivencia en el medio externo y el enquistamiento necesario para la infección. Adicionalmente, se visualizaron microplásticos, de los cuales la mayoría son inocuos para los seres humanos, pero pueden servir como soporte para algunos microorganismos y al encontrar cantidad importante de ellos en las muestras, suponen un gran riesgo al consumirlos y se requiere una purificación más **avanzada como el uso de lámparas de luz ultravioleta y/o de ozonización para evitar problemas de salud a los consumidores**.

Agradecimientos

A SECTEI por su apoyo económico en el proyecto (2019-2022). A la Dra. Ariadna Morales por su apoyo en la determinación de los metales presentes en las purificadoras. A la Ing. Patricia Castillo por la obtención de las imágenes de MEB.

Conclusiones

En estos estudios se demostró la calidad del agua potabilizada en las purificadoras de la alcaldía de Iztapalapa, donde un alto porcentaje de ellas no cumplen con las normas oficiales mexicanas (NOM-201-SSA1-2015) **principalmente en los metales pesados y metaloides altamente tóxicos para el ser humano**.

Como una posible solución para mejorar la calidad del agua que se co-

mercializa en las purificadoras, y considerando principalmente la remoción de estos componentes metálicos tóxicos, se empleó un prototipo de filtro utilizando arena sílice y zeolita (sistema 1). La remoción de metales pesados de hierro y manganeso seleccionados como representativos de los contaminantes metálicos que se encuentran presentes en las purificadoras de agua de la Alcaldía de Iztapalapa y que le confieren una coloración amarillenta, mal olor y sabor, se eliminaron utilizando un segundo filtro en serie con zeolitas naturales y comerciales logrando una remoción del 100% de ambos metales. Estos sistemas de filtración pueden instrumentarse tanto en negocios de purificadoras como en hogares de la comunidad de la Alcaldía de Iztapalapa.

Referencias

Azcona, M., & Ramírez, R. (2017). Efectos tóxicos del manganeso. Recuperado el 12 de Agosto de 2021 de <https://www.mediagraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq-2017/rmq172d.pdf>

Casiano, N. Diseño de filtros para la potabilización del agua en la Alcaldía Iztapalapa. Tesis de Maestría (2024) en proceso.

CONAGUA. (Diciembre de 2007) Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. México. Recuperado el 26 de Agosto de 2023, <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/11DisenoDePlantasPotabilizadorasTipoDeTecnologiaSimplificada.pdf>

Domínguez, E. (2017). Determinación de los procesos hidrogeoquímicos participantes en la composición del agua de las

fuentes de abastecimiento a pobladores de la delegación Iztapalapa, D.F., México. Ciudad de México, México. Recuperado el 08 de Junio de 2023, de <http://boletinsgm.igeolcu.unam.mx/bsgm/index.php/273-sitio/articulos/cuarta-epoca/6702/1318-6702-12-dominguez>

Dozier, M., & McFarland, M. (2001). Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. Recuperado el 14 de Julio de 2021, de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>

INEGI. (29 de Enero de 2021). Recuperado el 16 de Julio de 2023, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_CdMx.pdf

Montero, D. El Abastecimiento de agua en Iztapalapa. Un análisis institucional. Revista de Economía Institucional. 22(43), 301-321. (2020). <https://doi.org/10.18601/01245996.v22n43.13>.

OMS. (2003). Iron in Drinking-water. Recuperado el 10 de Agosto de 2021, de https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf

Vargas, C. J. (2015). Aplicación de un filtro de zeolita para potabilización del agua nivel domiciliario sitio Palestina Canton del Guabo provincia del Oro. Recuperado el 08 de Agosto de 2021, de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3120/1/TESIS%20-%20JONATHAN%20LARRREA.pdf>

Villegas, D. "Aislamiento e identificación de micobacterias a partir de agua purificada envasada en garrafón Tesis de licenciatura (2018) IPN