

ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

www.revistaglosa.com

SEPARACIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE BIOMEMBRANAS COMPÓSITAS EN AGUA DE POZO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Carina Oliva Torres-Cortés^{1*}, Laura Alicia Manjarrez-Nevárez², Héctor René Vega-Carrillo³

Recibido: 14/11/2019, Aceptado: 17/12/2019

Publicado en la web: 5/2/2020.

RESUMEN

La eliminación de elementos tóxicos del agua mediante biomembranas compósitas se ha convertido en un método eficiente e innovador. El Arsénico (As) es un elemento a niveles de concentración de pocas ppb en agua potable y tóxico para la salud humana. Un claro ejemplo de contaminación en agua subterránea por este elemento es en el Estado de Chihuahua, el cual se ha considerado un problema de salud pública. En éste trabajo se propone el uso de biomembranas compuestas con residuos agroindustriales que gozan de diversas ventajas para filtrar el agua y eliminar eficientemente el As.

Palabras clave: Arsénico en el Agua, Metales pesados, Biomembranas Compósitas.

INTRODUCCIÓN

En el planeta Tierra, la cantidad de agua que existe es considerable, alrededor del 96.5% es agua salada y el 3% agua dulce aproximadamente. Esto corresponde a un volumen de 1,385 millones de km³ (Orr *et al.*, 2010). Sin embargo, el crecimiento de la población ha sido exponencial, más personas para alimentar y cada persona necesita más agua para el desarrollo económico. En los últimos 100 años, la población mundial se triplicó, y el consumo del agua se multiplicó por seis. Por ende, hoy hay una crisis de agua. Ésta crisis va encaminada por una mala gestión de la misma y se ve reflejado en el medio ambiente y los seres humanos (Cosgrove y Rijsberman, 2014).

Para el año 2010, existían más de 60 países que se consideraban con problemas de escasez de agua, debido a que cuentan con una dotación menor a los 1,000 m³ por habitante al año; México se encuentra en un nivel medio con una disponibilidad de agua per capital de 5,000 m³ por año (Orr *et al.*, 2010).

¹Programa de Doctorado en Ingeniería y Tecnología aplicada, Universidad Autónoma de Zacatecas. Av. Ramón López Velarde No. 801, Col. Centro, 98000, Zacatecas, Zac, Mexico

²Universidad Autónoma de Chihuahua. Avenida Universidad y, Av Pascual Orozco s/n, Universidad, 31110 Chihuahua, Chih. México.

³Unidad Académica de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas, C. Ciprés No. 10, Fracc. La Peñuela, 98060, Zacatecas, Zac, Mexico

*Autor de correspondencia: califetorres7@gmail.com

Por lo tanto, la disponibilidad del vital líquido no es el único problema, sino también la calidad de éste. Grupos de investigación en todo el mundo tratan de abordar el problema de la contaminación del agua.

El agua es contaminada principalmente por contaminantes orgánicos, inorgánicos, biológicos y macroscópicos. Además, metales pesados de origen antropogénico son introducidos en el ambiente y se acumulan biológicamente, por lo que se convierten en un problema en la salud humana a través de toda la cadena alimenticia (Bolisetty *et al.*, 2019).

En México, el 68% de las aguas superficiales presentan problemas de contaminación por metales pesados y metaloides. El Estado de Chihuahua es una de las entidades que ha alcanzado niveles críticos por su gran problema de contaminación en aguas subterráneas. En la región comprendida entre Delicias y Meoqui se ha detectado que la concentración de Arsénico (As) en el agua oscila entre 0.05-0.5 mg-L⁻¹, mientras que la norma señala que el límite máximo permisible es 0.05 mg-L⁻¹ de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 (NOM-127-SSA1-1994, 2000; Comisión Nacional del Agua 1996). Según la Junta Municipal de Agua Potable y Saneamiento los pozos de abastecimiento de agua subterránea del 67 % de los municipios del estado de Chihuahua presentan concentraciones de As por encima del límite máximo permisible por la normatividad mexicana (JMAS, 2007; Herrera *et al.*, 2013).

ARSÉNICO EN EL AGUA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

El As es un elemento metaloide y también considerado metal pesado, es extremadamente tóxico, no solo en concentraciones altas, sino también a bajas concentraciones, debido a la ingesta de

agua por largos periodos causando daños crónicos. La toxicidad del As depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico. La toxicidad del arsénico decrece de acuerdo al siguiente orden: Arsina > As³⁺ inorgánico > As³⁺ orgánico > As⁵⁺ inorgánico > As⁵⁺ orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental.

El As está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. Los estados de oxidación de mayor presencia en el agua son: El As³⁺ y el As⁵⁺ y con menos frecuencia el As⁰, As¹⁻ y As²⁻. Las primeras dos especies son móviles. Sin embargo, es el arsenito es el estado más lábil y biotóxico. La principal vía de dispersión del arsénico en el ambiente es por medio del agua.

Entre los efectos nocivos más comunes asociados a su ingestión son: los que se presentan en piel (hiperpigmentación, hipopigmentación e hiperqueratosis), los daños al sistema cardiovascular, alteraciones renales y hepáticas, desarrollo de neuropatías periféricas y encefalopatías, entre otros. En cuanto a efectos carcinogénicos, se ha identificado la relación entre la presencia de arsénico en el agua y el aumento en la presencia y mortandad por cánceres de vejiga, pulmón, riñón y hepático en la población expuesta.

Cabe mencionar que la información sobre las características generales de As y su efectos en la salud fue obtenida de la publicación por Herrera *et al.*, 2013.

PROCESOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

Para combatir la contaminación del agua por metales pesados se acude desde hace varios años a diversas tecnologías para su separación. En la Tabla 1 se muestran los procesos de separación de metales pesados y metaloides, condiciones y porcentaje de remoción. En este trabajo se aborda la tecnología de membranas, debido a que goza de ventajas considerables, alta eficiencia de separación y/o eliminación de metales pesados, costo de operación mínimo, alta selectividad, no hay cambio de fase involucrado, no existe contaminación secundaria, permeabilidad, sin embargo presenta algunas desventajas como el ensuciamiento severo (Manjarrez *et al.*, 2011).

Es importante mencionar que los parámetros a considerar son el material de fabricación, resistencia mecánica e hidráulica y selectividad. En éste sentido, los materiales compósitos son materiales de última generación y han mostrado eficiencia por lo que representa una excelente alternativa para la síntesis de membranas. El objetivo de unificar diversos materiales es modificar las propiedades de éstos y que puedan cubrir las necesidades que se requieran (Kiziltas *et al.*, 2010).

Dentro de los compósitos se encuentran los biocompósitos, que constan de una o dos fases de origen biológico; son un avance de dinamismo e innovación. Algunas ventajas que presentan son resistencia a la oxidación, resistencia mecánica y su origen renovable (Kiziltas *et al.*, 2010). En relación a la fase de origen biológico, residuos agroindustriales como son los acetatos de celulosa se han empleado para elaborar membranas para la separación de metales pesados y filtrar el agua. Sin embargo,

tiene varias desventajas: baja resistencia química y mecánica, degradación térmica y bajos flujos. Para disminuir dichas desventajas se sintetizan compósitos a partir de éstos residuos (Manjarrez *et al.*, 2011). Este mismo autor ha realizado trabajos sobre síntesis de membranas de triacetato de celulosa y ligninas modificadas mediante el método de precipitación evaporación, mejorando las propiedades tensiles y la permeabilidad. Por otra parte, los materiales compuestos constan de una fase continua y un reforzante, en éste último la geometría y distribución es importante para definir las propiedades del material. El tamaño de las partículas adheridas como reforzantes juega un papel decisivo, en investigaciones ha comprobado que la introducción de nanopartículas en una matriz polimérica es un método efectivo para mejorar el desempeño mecánico de las membranas (Stupenengo 2011; Doss *et al.*, 1991). Además de las ventajas ya mencionadas al añadir nanopartículas, en particular, la adición de nanopartículas de ligninas a matrices de acetato de celulosa, ayuda a mejorar la hidrofiliidad del polímero, disminuyendo el ensuciamiento de las membranas (Manjarrez *et al.*, 2011).

Tabla 1. Procesos de tratamiento de agua para la separación de metales pesados (Bolisetty *et al.*, 2019).

Proceso de separación	Metales pesados	Condiciones	Porcentaje de remoción (%)
Carbón activado	Ni ²⁺ , Cd ²⁺	C0=30 ppm	90,86
	Zn ²⁺ , Pb ²⁺	pH=2	83.6,83
	Cr ³⁺		50.6
Zeolita natural (clinoptilolita)	Pb ²⁺ , Cd ²⁺	C0=20,20	97.5,78.8
	Cu ²⁺	2 ppm pH=7.5	90
Nanotubos de Carbono	Cu ²⁺ , Pb ²⁺ , Mn ²⁺	C0=10 ppm pH=9	99.8,96.3 72.6
Poliamida TFM-100 RO	As ³⁺ , As ⁵⁺	500 ppb pH=6.2,9	55 99
Filtración por membranas	De acuerdo al tipo de proceso mediante membrana (ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa (RO), membranas nano-híbridas y electrodiálisis) es la separación de diferentes iones de metales pesados.		

CONCLUSIONES

La escasez del agua y la contaminación de ésta, son dos problemas graves que se deben de atacar con estrategias efectivas. En el Estado de Chihuahua se ve afectado por ambos problemas; los pozos más contaminados por As en el país se encuentran en ésta entidad, provocando estragos en la salud pública de los ciudadanos.

Los métodos o procesos de tratamiento de agua muestran ventajas y desventajas. Sin embargo, la filtración por membranas reúne un considerable número de ventajas que hacen que sea un método prometedor. La síntesis de biomembranas compósitas, han

arrojado resultados favorables. No obstante, su síntesis debe de ser adecuada, teniendo en cuenta la composición de la matriz, la concentración, distribución y tamaño de las partículas que fungen como reforzante o relleno polimérico, las condiciones en las que se lleva a cabo la síntesis (temperatura, humedad, velocidad de evaporación, etc.).

La descontaminación del agua mediante la separación de metales pesados ha sido un tema abordado por varios grupos de investigación. El uso de biomembranas compuestas de residuos agroindustriales ha sido un método innovador y eficiente para la filtración de metales pesados, en particular de As en aguas de pozos del Estado de Chihuahua, mejorando la calidad del agua y de vida de la población.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo otorgado a las siguientes instituciones; CONACyT, CIMAV, UACH y UAZ.

REFERENCIAS

- Alarcón Herrera MT, Leal Q. LO, Miranda N. S, Benavides M. A, Martín Domínguez IR. Arsénico en Agua: Presencia, cuantificación analítica y mitigación, 2013,9-10. Disponible en: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>
- Bolisetty S, Peydayesh M, Mezzenga R. Sustainable technologies for water purification from heavy metals: review and analysis. 2919;48(2):409-724.
- Comisión Nacional del Agua. Estudio Hidrológico, Hidrogeoquímico y de la Incidencia de Arsénico, Flúor y Hierro en las Zonas Acuíferas de Delicias-Meoqui y Jiménez-Camargo, Chih. Gerencia de Aguas Subterráneas.1996.
- Cosgrove WJ, Rijsberman FR. World Water Vision: Making Water Everybody's Business, ed. Earthscan, 2014, XIX.
- Doss NL, Elawady MM, Elawady NI, Mansour SH. Impregnation of white pine wood with unsaturated polyesters to produce wood-plastic combinations, Applied Polymer Science. 1991;42:2589-2594.
- Kiziltas A, Gardner DJ, Han Y, Han-Seung Y. Thermal properties of microcrystalline cellulose-filled PET-PTT blend polymer composites, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry.2010;103,163-170.
- Manjarrez Nevárez LA, Ballinas Casarrubias L, Solís Canto O, Celzard A, Fierro V, Ibarra Gómez R, González Sánchez G. Biopolymers-based nanocomposites: Membranes from propionated lignin and cellulose for water purification, Carbohydrate Polymers. 2011;86(2): 732-741.
- Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Límites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que se debe someterse el Agua para su Potabilización. Diario Oficial de la Federación. México, 2000. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=31/12/1969
- Orr S, Cartwright A, Tickner D. Qué son los riesgos hídricos: Guía sobre las consecuencias de la escasez del agua para el gobierno y las empresas, 2010. Disponible en: http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdi-fusion/WWF_QueSonLosRiesgosHidricos.pdf
- Stupenengo F. Materiales y materias primas, Guía didáctica. Cap.10 Materiales compuestos. 2011:7-9.