

REMOCIÓN DE FLUORUROS DEL AGUA EMPLEANDO UNA ESPECIE INVASORA

Nahum Andrés Medellín Castillo^{1*}, Cristóbal Aldama Aguilera¹, César Arturo Ilizaliturri Hernández²

Recibido: 26/11/2019, Aceptado: 12/12/2019

Publicado en la web: 3/2/2020.

RESUMEN

La concentración de fluoruros en el agua de consumo humano es de gran interés ya que tanto su ausencia como su exceso provocan problemas de salud humana tales como la fluorosis dental, esquelética, caries dental y otros problemas. Existen diversos métodos para remover el exceso de fluoruros en el agua entre los que se encuentran la ósmosis inversa, electrodiálisis, empleo de resinas de intercambio iónico, uso de materiales adsorbentes como el carbón activado, alúmina activada y el carbonizado de hueso. En este trabajo se describe el potencial uso que puede tener una especie invasora en nuestro país conocido como pez pleco o diablo de la cual se pueden aprovechar sus huesos para la producción de carbonizados de huesos los cuales pueden ser empleados en la remoción de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y los fluoruros.

Palabras clave: Agua de consumo humano, Especie invasora, Fluoruros, Pez diablo.

INTRODUCCIÓN

El factor fisicoquímico muy importante que debe considerarse en la evaluación de la calidad del agua. Dependiendo del nivel de fluoruro, los problemas de salud humana pueden ser desde manchado de dientes o fluorosis dental hasta la fluorosis esquelética.

Diversos métodos se han probado para eliminar el exceso de fluoruro del agua de consumo humano. La adsorción es una de las técnicas más versátiles debido a sus bajos costos de instalación, operación y mantenimiento, impacto ambiental y simplicidad en su aplicación y utilización.

El carbonizado de hueso constituye un potencial adsorbente para la remoción de fluoruros y de otros contaminantes del agua el cual se sintetiza a partir de huesos de animales que suelen considerarse un residuo y que presentan gran disponibilidad.

En este estudio se muestra una perspectiva general de los fluoruros en el agua y el empleo de carbonizados de hueso sintetizados a partir de una especie invasora, pez diablo, como una alternativa de control de esta especie y tecnología alterna para la remoción de estos contaminantes.

FLUORUROS EN EL AGUA

Todas las aguas contienen fluoruros en concentraciones variables debido a su presencia en la corteza terrestre. El agua del mar contiene cantidades de fluoruros que varían entre 0.8 y 1.4 mg/L. La proporción de fluoruros que ingresa en los recursos hídricos procedente del mar o por la contaminación atmosférica es extremadamente pequeña en comparación con la procedente de rocas y suelos. Las aguas dulces presentan diversas concentraciones que provienen de los fluoruros alcalinos. Las aguas de mayor contenido de fluoruros corresponden a los recursos hídricos localizados en zonas montañosas o en áreas con depósitos geológicos de origen marino, como en el Sudeste Asiático y el Noroeste de África (Gómez-Santos, 2002). La contaminación natural por fluoruro en el agua subterránea se presenta tanto en países industrializados, como Estados Unidos y Canadá, y en países en vía de desarrollo; tal es el caso de India, Argentina y México, donde la principal vía de exposición a este elemento es por la ingesta de agua. En México, el fluoruro se encuentra disuelto en el agua subterránea como resultado de una contaminación natural. El límite máximo permisible de fluoruro en agua potable en México es de 1.5 mg/L, de

¹Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 8, CP 78290, San Luis Potosí, S.L.P., México.

²Departamento de Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México

*Autor de correspondencia: nahum.medellin@uaslp.mx

acuerdo con la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994 y la NOM-201-SSA1-2002 para agua embotellada.

La presencia de fluoruros en el agua de consumo humano con concentraciones superiores a 1.5 mg/L ocasiona diversos trastornos a quienes la consumen, dependiendo de la concentración ingerida y del tiempo de exposición. El padecimiento más común es la fluorosis dental, aunque también están asociada la fluorosis esquelética.

La acumulación de fluoruro en el tejido cerebral puede interrumpir la síntesis de ciertos neurotransmisores y receptores en las células nerviosas, y puede llegar a producir una displasia neural u otros daños. Además, la exposición a fluoruros puede incrementar la producción de radicales libres en el cerebro mediante la activación de diferentes vías metabólicas que se han relacionado con la enfermedad de Alzheimer.

Entre las tecnologías más populares para la remoción de fluoruros del agua se encuentran el intercambio iónico, métodos electro-químicos, precipitación y coagulación, biodegradación y adsorción. Los métodos de intercambio iónico son eficientes para la remoción de fluoruro, pero el proceso de la síntesis de las resinas es largo y laborioso, así como los altos costos que se tienen en el proceso de síntesis. En la precipitación y coagulación, después del tratamiento tienden a permanecer en solución acuosa cantidades traza de iones de fluoruro y existen limitaciones en el proceso por la generación de grandes cantidades de lodos y el alto pH del agua tratada. El método biológico es aplicable a los bajos niveles de contaminantes, y este proceso no siempre puede ser posible en el tratamiento del agua debido a que la remoción es a largo plazo. También, se ha encontrado que la adsorción tiene mayores ventajas que otras tecnologías empleadas para la remoción de fluoruros principalmente por el costo de inversión, flexibilidad, la simplicidad del diseño, y la facilidad de operación y mantenimiento (Chen *et al.*, 2011).

PEZ DIABLO

En México existe un problema de invasión biológica provocado por la especie *Pterygoplichthys* conocida también como peces pleco, gato, o diablo. Esta especie tiene un alto potencial invasivo por diversas particularidades de su morfología, su fisiología y su comportamiento como una reproducción precoz y con una alta tasa reproductiva y el cuidado parental (Mendoza *et al.*, 2007). Esta especie presenta una carencia de depredadores por el desarrollo de escamas con fuertes espinas y placas óseas, en su hábitat natural son depredados por cocodrilos, nutrias y algunos peces grandes.

En la presa de Infiernillo entre Michoacán y Guerrero, la presencia de estos peces generó la devastación de la tilapia donde se llegaron a registrar producciones de 20,000 toneladas al año y su captura disminuyó en un 80% alcanzando pérdidas económicas de millones de dólares al año (Vega Rodríguez *et al.*, 2016)

La invasión de los peces pleco necesita de soluciones inmediatas ya que por el momento en México no tienen ningún interés económico. Existen diversas investigaciones

para que esta especie se emplee como alimento en general, para obtener productos como fertilizantes, ensilado de pescado como complemento alimenticio para ganado, así como harina de pescado para alimento de peces. Todo esto sin tener mucha aceptación por el momento debido a la característica del pez de bioacumulador.

Para reducir los impactos de estos peces se considera utilizar como materia prima a estos peces para la síntesis de carbonizados de hueso para su empleo en la remoción de contaminantes del agua tales como los fluoruros. En la Figura 1 se muestra un ejemplar del pez diablo colectado en la Laguna Marland del municipio de Ébano de la Huasteca Potosina donde actualmente hemos realizado muestreos para identificar su presencia.



Figura 1. Pez diablo colectado en Laguna Marland, Ébano, S.L.P.

CARBONIZADO DE HUESO

Durante mucho tiempo se ha utilizado el carbonizado de hueso como un adsorbente para la decoloración en la industria azucarera. Tiene una alta capacidad de remoción de contaminantes la cual se atribuye a sus propiedades de textura y al contenido de hidroxiapatita. Para la producción de carbonizado de hueso se han utilizado precursores como hueso de ganado vacuno, de pollo y de res. Una de las ventajas reportadas del uso de estos huesos para la generación de carbonizado es su alta disponibilidad al ser residuos de la industria de la carne (Alkurdi *et al.*, 2019).

Los carbonizados de hueso son sintetizados a partir de la calcinación y/o pirolisis de huesos de animales en temperaturas que varían desde los 400 a 800 °C y con atmósferas limitadas de oxígeno, de N₂, de CO₂ u otros gases.

Recientemente, hemos desarrollado una metodología para síntesis de carbonizado de hueso de peces diablo para su empleo en la remoción de fluoruros del agua. Los peces diablos capturados son limpiados de manera manual para retirar vísceras y carne y enseguida se ponen en cocción con una solución de agua y peróxido de hidrógeno. Posteriormente, son colocados en una mufla u horno de calcinación en donde se emplean temperaturas de hasta 600 °C.

Hasta el momento, se ha encontrado que los carbonizados de hueso de peces diablo sintetizados presentan propiedades fisicoquímicas y de textura similares que las reportadas para otros carbonizados de hueso de tipo comercial o de

investigación y las capacidades de adsorción de fluoruro son superiores. Las máximas capacidades de adsorción de fluoruros para este material son mayores a los 20 mg/g con % de remoción de hasta el 98 %, en un intervalo de concentración de fluoruros de 4 a 50 mg/L y pH de solución de 5 a 9 a 25 °C.

CONCLUSIONES

La ingesta de fluoruros con concentraciones por encima de los límites máximos permisibles puede ocasionar diversos problemas de salud. La adsorción es una tecnología de fácil implementación y de bajo costo para remover el exceso de fluoruros del agua que emplea materiales como el carbonizado de hueso de animales. El empleo de los peces diablo para la preparación de carbonizados de hueso constituye una alternativa para el control de la proliferación de esta especie la cual es considerada como invasora sin ningún aprovechamiento potencial en la actualidad y además el uso de estos materiales representa una opción para el tratamiento de aguas contaminadas con fluoruro.

AGRADECIMIENTOS

CONACYT PN-3947-2016
CONACYT CB-286990-2016

REFERENCIAS

- B.I. Vega Rodríguez, L.A. Ayala Pérez, G.J. Terán González, G.E. Martínez Romero. El pez diablo en México: Protocolo de prevención, respuesta rápida y control. 1ª Edición, UAM, 2016.
- G. Gómez-Santos, D. Gómez-Santos, M. Martín Delgado (2002). Flúor y fluorosis dental. Pautas para el consumo de dentífricos y aguas de bebida en Canarias. 1a Edición, Dirección General de Salud Pública. Servicio Canario de la Salud. Canarias, España.
- N. Chen, Z. Zhang, C. Feng, M. Li, R. Chen, N. Sugiura (2011) Investigations on the batch and fixed-bed column performance of fluoride adsorption by Kanuma mud. Desalination 268, 76-82.
- S.S.A. Alkurdi, R.A. Al-Juboori, J. Bundschuh, I. Hamawand (2019). Bone char as a green sorbent for removing health threatening fluoride from drinking water. Environ. Int. 127, 704–719.