



Remoción de Mercurio de aguas de manantial usando carbón activado obtenido de la vaina de Marango (Moringa Oleífera) .

Fariñas G., Fernando J.

Dirección de Area de Conocimiento de Agricultura, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Managua, Nicaragua

INTRODUCCIÓN

La presente investigación propone el uso de carbón activado obtenido a partir de la vaina de Moringa oleífera como alternativa sostenible y de bajo costo para la bioadsorción de mercurio en aguas de manantial contaminadas. Este enfoque busca contribuir a la mitigación del impacto ambiental generado por la minería artesanal, mediante el aprovechamiento de un subproducto vegetal con propiedades fisicoquímicas favorables para procesos de tratamiento de agua. La contaminación de fuentes hídricas por metales pesados constituye una problemática ambiental y sanitaria de creciente preocupación en Nicaragua, especialmente en zonas influenciadas por la minería artesanal. El mercurio, ampliamente utilizado en la extracción de oro, es un contaminante altamente tóxico, persistente y bioacumulable que puede afectar gravemente los ecosistemas y la salud humana. En particular, las aguas superficiales de manantial en comunidades como El Jicaral, en el departamento de León, presentan vulnerabilidad frente a este tipo de contaminación. En este contexto, la Moringa oleífera, conocida localmente como marango, ha sido identificada como un recurso vegetal con potencial adsorbente para la remoción de metales pesados.

OBJETIVO

El objetivo de la investigación es evaluar la capacidad del carbón activado obtenido de la vaina de Moringa oleífera para remover mercurio presente en aguas superficiales de manantial. Para ello, se produce y acondiciona el material adsorbente, se analiza su desempeño mediante pruebas de bioadsorción a escala de laboratorio y se plantea un sistema de filtración en lote como alternativa de tratamiento para comunidades afectadas por contaminación minera.

METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, orientado a evaluar la capacidad de bioadsorción del carbón activado obtenido de la vaina de Moringa oleífera para la remoción de mercurio en aguas superficiales de manantial.

Tipo de Investigación: Estudio experimental de laboratorio con alcance descriptivo–analítico, enfocado en medir la eficiencia de remoción de mercurio bajo condiciones controladas.

Área de estudio: Recolección de muestra de agua en un manantial de la comunidad El Jicaral, León, zona influenciada por minería artesanal.

Obtención del material absorbente:

- Selección de vainas secas de Moringa oleífera.
- Secado térmico y trituración manual/mecánica.
- Tamizado para clasificación por tamaño de partícula (selección tamiz #50).
- Carbonización en mufla a 600 °C durante 4 horas.
- Activación química con ácido fosfórico y posterior secado.

Evaluación experimental: Aplicación de pruebas de jarras con solución sintética de mercurio (0.2 mg/L), medición en tiempos de 10, 20, 40 y 60 minutos, y determinación de concentraciones mediante espectrofotometría (método de ditizona).

Prueba en Agua Real y Diseño propositivo: Implementación de un sistema de filtración en lote por gravedad (algodón, arena, grava y carbón activado), y cálculo del porcentaje de remoción para validar su eficiencia en condiciones reales.

Este procedimiento metodológico permite comprobar la viabilidad del material como alternativa sostenible para el tratamiento de aguas contaminadas por mercurio.

CONCLUSIONES

El estudio concluye que el carbón activado producido a partir de la vaina de Moringa oleífera es altamente eficaz para la remoción de mercurio en aguas de manantial, tanto en condiciones de laboratorio como en muestras reales. Los resultados confirman el cumplimiento del objetivo general y demuestran su potencial como alternativa sostenible y de bajo costo frente a la contaminación generada por la minería artesanal.

Se logró obtener un material adsorbente con propiedades fisicoquímicas adecuadas mediante procesos de calcinación y activación química con ácido fosfórico, desarrollando una estructura porosa favorable para la bioadsorción. En pruebas con soluciones sintéticas (0.2 mg/L), se alcanzaron porcentajes de remoción de hasta el 99%, con concentraciones finales por debajo del límite de detección, evidenciando alta eficiencia en función del tiempo de contacto y la dosis aplicada.

En muestras reales del manantial de El Jicaral, León, la concentración inicial de 0.003 mg/L fue reducida a niveles inferiores al límite de detección, validando su efectividad en condiciones ambientales. Aunque no se realizaron análisis estadísticos robustos, la tendencia consistente de los resultados respalda el uso de esta biomasa residual como una solución ambientalmente sostenible, económicamente viable y replicable en comunidades afectadas por contaminación hídrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de carbón activado a partir de la vaina de Moringa oleífera mediante carbonización a 600 °C y activación química con ácido fosfórico permitió obtener un material con características fisicoquímicas favorables para procesos de adsorción de metales pesados.

En las pruebas de jarras realizadas con una solución sintética de mercurio con concentración inicial de 0.2 mg/L, se observó una reducción significativa del contaminante en todos los tiempos evaluados (10, 20, 40 y 60 minutos). Las concentraciones finales registradas estuvieron por debajo del límite de detección del método (<DOL) o alcanzaron valores cercanos a 0.0001 mg/L, lo que representa eficiencias de remoción superiores al 90%, con valores máximos aproximados del 99%.

En la muestra real de agua superficial recolectada en la comunidad El Jicaral (León), se determinó una concentración inicial de 0.003 mg/L de mercurio, valor que supera el límite máximo permisible para agua destinada al consumo humano (0.001 mg/L). Tras la aplicación del sistema de filtración en lote con carbón activado de moringa, la concentración final descendió a niveles inferiores al límite de detección instrumental, evidenciando una remoción prácticamente total del contaminante bajo condiciones experimentales.

DISCUSIÓN

Los elevados porcentajes de remoción obtenidos pueden atribuirse a la estructura porosa desarrollada durante el proceso de activación química, que incrementa significativamente el área superficial específica del material adsorbente y favorece la interacción entre los sitios activos del carbón y los iones de mercurio en solución.

El comportamiento observado confirma la influencia del tiempo de contacto y de la dosis de adsorbente en la eficiencia del proceso, lo que es consistente con modelos cinéticos de adsorción reportados en la literatura para sistemas similares. La reducción de concentraciones en la muestra real valida la aplicabilidad del material en condiciones ambientales, más allá de sistemas sintéticos controlados.

Si bien la ausencia de réplicas experimentales limitó la aplicación de pruebas estadísticas inferenciales robustas, la tendencia consistente en todos los ensayos respalda la confiabilidad técnica de los resultados. En conjunto, los hallazgos posicionan al carbón activado derivado de Moringa oleífera como una alternativa viable, sostenible y de bajo costo para la mitigación de contaminación por mercurio en contextos afectados por minería artesanal.

Referencias

- CAPRE. (2019). Norma Regional de Calidad del Agua para Consumo Humano. Comité Regional de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica.
- Caviedes Rubio, D. et al. (2015). Treatment of contaminated water with bioadsorbents. Ingeniería y Competitividad.
- Velásquez, J., Peón, A., Bautista, R., & Jiménez, L. (2016). Applications of Moringa oleífera in water treatment. Revista Internacional de Contaminación Ambiental.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2007). Guidelines for Drinking-water Quality.
- Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortíz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2014). Adsorption of heavy metals using agricultural waste biomass. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia.