

“Adsorción de contaminantes sobre residuos industriales de *Moringa oleífera* con o sin tratamiento”

Torre, C.^a;Tenev, M.D^a; Boeykens, S^b; de Celis, J.^{b,c}; Piol, M. N.^{b,d}
 a UTN FR-Resistencia - GISTAQ French 414, Resistencia, Chaco, H3500AHQ
 b Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, IQAI – LaQuiSiHe
 c Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, IQAI – LaQuiAm
 d Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, IQAI – GIQuim
 camimtorre@gmail.com

RESUMEN

La implementación de residuos agroindustriales como materiales adsorbentes de bajo costo se está abriendo camino hacia tratamientos de decontaminación cada vez más verdes. Se evaluó la capacidad de remoción de Cd^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} y Zn^{2+} , As^{5+} , NO_3^- , violeta cristal y azul de metileno, utilizando desechos de tronco de *Moringa oleífera* cruda y como carbón activado. Se realizaron las curvas de dosaje con ambos materiales para cada analito. El material crudo remueve el violeta cristal (con una capacidad de adsorción, q_e , 0,405 mmol.g^{-1}) y el azul de metileno (q_e de 0,235 mmol.g^{-1}), en ambos casos, alcanzando porcentajes de remoción (R) del 97%. El material crudo, para los metales, presentó mayor afinidad por Ni^{2+} (0,122 mmol.g^{-1} y R de 85%), Cu^{2+} (0,075 mmol.g^{-1} y R de 91%), Cd^{2+} (0,059 mmol.g^{-1} y R de 96%) y Zn^{2+} (0,049 mmol.g^{-1} y R de 96%). Por su parte, el carbón activado presentó mayor capacidad de adsorción para ambos colorantes (q_e , 0,611 mmol.g^{-1} y R de 99%) y en cuanto a metales, mayor afinidad por el Fe^{3+} (0,509 mmol.g^{-1} y R de 97%), Cu^{2+} (0,242 mmol.g^{-1} - R de 99%), Ni^{2+} (0,167 mmol.g^{-1} - R de 85%), Zn^{2+} (0,066 mmol.g^{-1} - R de 78%) y Cd^{2+} (0,052 mmol.g^{-1} - R de 85%). Ninguno de los adsorbentes removió As^{5+} o NO_3^- . Se concluye que ambos adsorbentes tienen potencialidad para ser utilizados para remover cationes metálicos y algunos colorantes descartándose su empleo para remoción de As^{5+} o NO_3^- . Comparativamente, en la mayoría de los casos resultó más eficiente el carbón activado.

Palabras clave: *Moringa oleífera*, carbón activado, adsorción, colorantes, metales pesados

INTRODUCCIÓN

La *Moringa oleífera*, es una planta arbustiva originaria de la India, poco conocida en América del Sur, aunque desde su aprobación para el uso como tisana por el Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2016) su cultivo en Argentina se extendió ya que es una especie resistente que requiere poca atención hortícola que crece rápidamente y es reconocida por sus características nutricionales y medicinales, además de ser utilizada en algunos procesos de purificación de agua (Sutherland, 1931). Las diferentes partes de la planta resultan materias primas aprovechables. La obtención de productos y subproductos derivados generan una gran cantidad de residuos a disponer. El Pacto de Ámsterdam define a la Economía Circular que promueve el hecho de convertir un residuo en un recurso, la economía compartida y la eficiencia de los recursos (European Commission, 2018). Por ello, muchos residuos agroindustriales están siendo utilizados actualmente como materiales adsorbentes para el tratamiento de aguas.

Una gran variedad de sustancias puede encontrarse en los ríos, lagunas y napas subterráneas, algunas de las cuales, en concentraciones elevadas, pueden provocar importantes problemas ambientales, económicos y de salud tanto para seres humanos como para animales y el ecosistema en general y deben ser eliminadas previo a la utilización del recurso, respetando los límites impuestos según el destino final.

OBJETIVOS

El presente trabajo evaluó la capacidad de remoción de diferentes tipos de sustancias, como ser Cd^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , As^{5+} , NO_3^- , violeta cristal y azul de metileno, a partir de desechos agroindustriales de *Moringa oleífera* y carbón activado obtenido a partir del mismo residuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 2 materiales adsorbentes: residuo de residuo de tronco (Tr) de moringa tratados según

trabajos previos (Torre, C, et al., 2021) y carbón activado obtenido a partir del mismo residuo, CAT. Para obtener el CAT, se sometió el material crudo a una etapa de impregnación con un precursor químico y luego, a un proceso de carbonización en mufla a 400°C, según trabajos presentados previamente (Torre, C, et al., 2023).

Se trabajó con soluciones madre de 1.000 mgL⁻¹ de los metales Fe³⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ y Cd²⁺, preparadas a partir de sus sales de cloruro y la de As⁵⁺ a partir de la sal sódica. Todas estas determinaciones se realizaron por absorción atómica (GBC ExplorAA), a excepción del Fe³⁺ que se determinó según la técnica 3500 – Fe (Rodger B. et al., 2018). Para NO₃⁻ se preparó una solución madre de 200mgL⁻¹ a partir de la sal de potasio. Para azul de metileno (AM) y Violeta Cristal (VC) se prepararon soluciones madre de 400mgL⁻¹ y 1000 mgL⁻¹ respectivamente, estas determinaciones se realizaron con un equipo UV/VIS Spectrometer Lambda 365+ PerkinElmer a λ=436 nm para el AM y λ=600 nm para el VC.

Para cada material adsorbente, se evaluaron el porcentaje de remoción (%R) y la capacidad de adsorción (q_e) de cada contaminante utilizando diferentes masas de material adsorbente (Ec. 1 y 2):

$$\%Remoción = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \cdot 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_i - C_e) \cdot V}{m_{ads}} \quad (2)$$

Donde C_i y C_e: son concentración inicial y de equilibrio, V: volumen y m_{ads}: masa de adsorbente.

Se trabajó con agitación continua a 200rpm, T= 25 ± 5°C y pH= 6,5±0,2 durante 24 horas. Luego, se filtró y en el sobrenadante se determinó la concentración de cada adsorbato. Los ensayos se realizaron por duplicado. Se trabajó con un rango de concentraciones de contaminantes entre 10 y 100 mmoles L⁻¹ según el contaminante y entre 100 y 1500 mg de adsorbente.

RESULTADO En la figura N°1 se presentan las curvas de dosaje de Tr y CAT para los diferentes adsorbatos en estudio. Se puede observar que para el Ni²⁺ se logró una remoción superior para el caso del CAT (93%) frente al Tr (85%) utilizando 500mg de adsorbente.

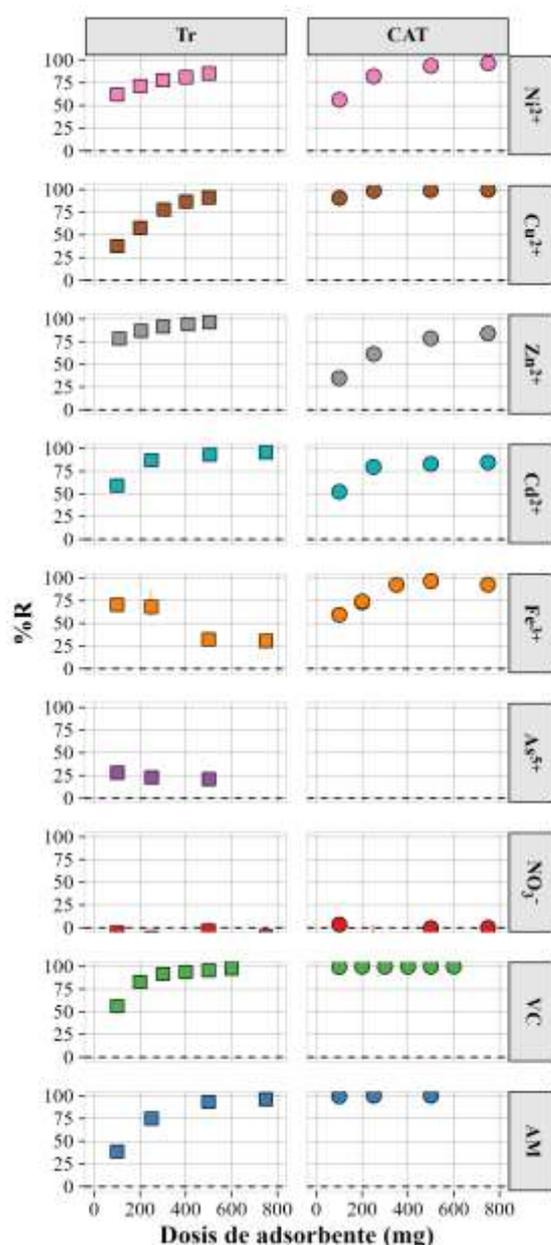


Figura 1: Curvas de dosaje

Se alcanzó un 99% de remoción de Cu²⁺ con CAT y un 91% con Tr empleando una masa de 500mg en cada caso. El Zn²⁺, presentó una remoción superior para el Tr (96%) que para el CAT (78% con un dosaje de 500mg). El Cd²⁺ pudo ser removido por ambos adsorbentes logrando una remoción 96% para el Tr y 85% para el CAT para una masa de 750mg, demostrando mayor eficiencia el material crudo. Por su parte, se puede apreciar que, para el caso de Tr y Fe³⁺,

el %R de Fe^{3+} disminuye conforme aumenta la masa de adsorbente mientras que para CAT la adsorción aumenta conforme aumenta la masa de material, lográndose alcanzar porcentajes de remoción del orden del 97% cuando la masa de adsorbente fue de 750mg. Para los casos particulares de los adsorbatos As^{5+} y NO_3^- , en ambos materiales, no hubo remoción. Tanto el Tr como el CAT presentan importantes cualidades para remover colorantes como el AM y el VC. El Tr logró un %R de 97% para AM y VC utilizando 1000mg y 600mg de adsorbente respectivamente. En el caso de CAT obtuvo un %R del 99% de ambos colorantes con un dosaje de 100mg de adsorbente.

En la figura 2 se pueden ver dos gráficas de capacidad de adsorción para los distintos adsorbatos analizados. En las mismas se pueden apreciar como varían las capacidades de adsorción de cada analito con relación a cada adsorbente.

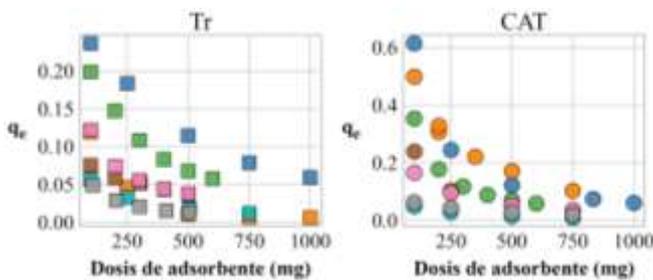


Figura 2: Capacidad de adsorción

Si se compara la máxima capacidad de adsorción de los distintos materiales, que se da cuando la masa de adsorbente es de 100mg, se puede observar que para el Ni^{2+} (color rosa) presentó una q_e de $0.167 \text{ mmol.g}^{-1}$ para el caso de CAT y de $0.122 \text{ mmol.g}^{-1}$ para el Tr. En cuanto al Cu^{2+} (color marrón) se aprecia un rendimiento considerablemente superior para el CAT ($q_e = 0,242 \text{ mmol.g}^{-1}$) en comparación al Tr ($q_e = 0,075 \text{ mmol.g}^{-1}$). Para el caso del Zn^{2+} (color gris) presentó un $q_e = 0.049 \text{ mmol.g}^{-1}$ para el Tr y $q_e = 0,066 \text{ mmol.g}^{-1}$ para CAT. El Cd^{2+} (color celeste) presentó q_e similares para cada adsorbente, de $0,059$ y $0.052 \text{ mmol.g}^{-1}$ para el Tr y CAT respectivamente. Para el caso del Fe^{3+} (color naranja), el q_e para el Tr fue de $0,112 \text{ mmol.g}^{-1}$ y de $0,509 \text{ mmol.g}^{-1}$ para CAT. El Tr presenta importantes cualidades de remover el VC (color verde) y AM (color azul) con q_e , 0.405 y $0,235 \text{ mmol.g}^{-1}$ respectivamente. El CAT tiene q_e similares

para ambos colorantes ($q_e = 0.611 \text{ mmol.g}^{-1}$) y superiores frente al Tr.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al evaluar el comportamiento de Tr y CAT como materiales adsorbentes de Cd^{2+} , Ni^{2+} o Zn^{2+} , ambos materiales presentan capacidades de adsorción similares, por lo que se podría optar por utilizar como material adsorbente para este tipo de analitos el Tr, ya que es un material más económico y sostenible.

Para el caso del Fe^{3+} y Cu^{2+} , se obtienen mejores resultados sobre CAT, mientras que ninguno de los dos adsorbentes presenta cualidades para remover As^{5+} , NO_3^- . Por otro lado, ambos adsorbentes son capaces de remover eficientemente los colorantes analizados, sin embargo, el CAT requiere una dosis inferior de material. Finalmente, tanto Tr como CAT son materiales con alta potencialidad de ser empleados como adsorbente para decontaminar agua.

BIBLIOGRAFÍA

Sutherland, G. F. y J. «Moringa oleifera un árbol con enormes potencialidades», J. Am. Med. Assoc., vol. 8, n.o 3, p. 211, 1931

ANMAT, Administración Nacional de Medicamentos, «Capítulo XII: BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA», en Código Alimentario Argentino, 2016, pp. 301-318.

European Commission, «Urban agenda for the EU», en Urbanagenda, 2018, p. 47.

Rodger E., Baird B., Eaton, D. «Standard Methods for The Examination Of Water and Wastewater, », Am. Public Heal. Assoc., pp. 1–1545, 2018.

Torre, C.; Tenev, M.; Brizuela, V.; Boeykens, S.; de Celis, J.; Piol, N. «Una alternativa sostenible para la disposición de residuos de producción de Moringa oleifera», 5° Congreso Argentino de Ingeniería, 3° Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 2021.

Torre C., Tenev, M., Boeykens, S., de Celis J. y Piol M.N. «Residuos de ramas y troncos de Moringa oleifera sin tratar y como carbón activado utilizados para la adsorción de azul de metileno», 4° Simposio Iberoamericano de Adsorción, 2023.