



V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Ambiental
Argentina y Ambiente 2023



4° Simposio Iberoamericano de Adsorción

Ambiente y Adsorción integrados para la comprensión y solución de problemas específicos

Residuos de ramas y troncos de *Moringa oleífera* sin tratar y como carbón activado utilizados para la adsorción de azul de metileno

C. Torre^{a*}, M. Tenev^a, S. Boeykens^b, J. de Celis^c y M.N. Piol^b

^a *Grupo de Investigación Sobre Temas Ambientales y Químicos (GISTAQ), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Resistencia, French 414, Chaco, 3500, Argentina.*

^b *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Química Aplicada a la Ingeniería, Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos. Paseo Colón 850, 1063-CABA, Argentina*

^c *Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Química Aplicada a la Ingeniería, Laboratorio de Química Ambiental. Paseo Colón 850, 1063-CABA, Argentina*

camimtorre@ca.frre.utn.edu.ar

Resumen

Las industrias textiles utilizan grandes cantidades de colorantes que generan efluentes líquidos altamente contaminantes de difícil tratamiento. El método de adsorción es considerado el más eficiente para remover estas sustancias. La implementación de residuos agroindustriales como materiales adsorbentes de bajo costo se está abriendo un exitoso camino hacia tratamientos de decontaminación cada vez más verdes. El presente trabajo evaluó la capacidad de remoción del colorante azul de metileno a partir de desechos agroindustriales de *Moringa oleífera* y carbones activados obtenidos a partir de los mismos residuos. Se emplearon como materia prima la rama y el tronco del árbol de moringa. Se realizaron las curvas de dosaje con los 4 materiales, ambos carbones activados lograron remover el 100% del colorante mientras que los residuos crudos llegaron al 96% de remoción. Se concluyó que los 4 adsorbentes son factibles de utilizar para la remoción de azul de metileno (AM). Sin embargo, el empleo de los materiales crudos tiene como ventaja adicional el bajo costo económico y ambiental de su pretratamiento haciendo más verde el proceso. La utilización de residuos de *Moringa oleífera* como materiales adsorbentes de bajo costo para la remoción del colorante modelo de contaminante empleado podría ser una alternativa para sumar un bucle económico antes de su disposición final, en busca de un aumento en la sostenibilidad del proceso.

Palabras clave: adsorción, *Moringa oleífera*, carbón activado, azul de metileno.

Introducción

La provincia del Chaco se caracteriza por sus industrias textiles¹. En sus procesos de fabricación emplean grandes cantidades de colorantes y químicos, generando efluentes con alto contenido de contaminantes que deberían ser tratados antes de su disposición final. Estos, además de ser estéticamente indeseables, reducen la penetración de la radiación solar en los cuerpos de aguas por lo que afectan la fotosíntesis y la degradación por fotólisis de diferentes contaminantes orgánicos y, por tanto, la biota acuática². Muchos colorantes orgánicos pueden ser tóxicos, cancerígenos e incluso mutagénicos². Existen numerosos tratamientos tradicionales para eliminarlos³. Sin embargo, el método de adsorción es considerado el más eficiente para remover color en los efluentes industriales⁴. La implementación de residuos agroindustriales como materiales adsorbentes de bajo costo se está abriendo un exitoso camino hacia tratamientos de decontaminación cada vez más verdes.

Por su parte, la *Moringa oleífera*, es una planta arbustiva originaria de la India, que posee numerosas características nutricionales y medicinales. En la provincia de Misiones - Argentina, se radica la empresa “El Moringuero” que se dedica a la producción de alimentos y cosméticos

Ambiente y Adsorción integrados para la comprensión y solución de problemas específicos

naturales a partir de moringa. Los productores de la empresa han planteado como problemática la gran cantidad de residuos lignocelulósicos que generan y la dificultad de su disposición final. El presente trabajo evaluó la posibilidad de transformar estos residuos generados en gran volumen, en una nueva materia prima, siguiendo el nuevo paradigma de la Economía Circular. Así, a partir de desechos agroindustriales de moringa crudos y convertidos en carbones activados se estudió la capacidad de remoción del colorante azul de metileno. Se seleccionaron en particular dos residuos de la planta, rama (R) y tronco (Tr).

Materiales y métodos

Materiales adsorbentes: Se utilizaron 4 materiales adsorbentes: residuo de rama (R), y residuo de tronco (Tr) de moringa y los carbones activados obtenidos a partir de rama (CAR) y de tronco (CATr). Los materiales sin activar fueron clasificados, caracterizados y tratados según trabajos previos⁵. Por su parte, CAR y CATr fueron tratados con H₃PO₄ 50% en relación masa de 1:2. Se sometieron a una etapa de impregnación del precursor químico en estufa a 110°C durante 2h, y a un proceso de carbonización en mufla a 400°C durante 1h. Finalmente, los carbones activados obtenidos fueron secados durante 24 hs en estufa a 60°C.

Preparación de soluciones de trabajo: solución madre de 400mgL⁻¹ de azul de metileno (AM), marca Cicarelli. Las determinaciones se realizaron con un equipo UV/VIS Spectrometer Lambda 365+ PerkinElmer a λ=436 nm.

Curva de Dosaje: Para cada material adsorbente, se evaluó el porcentaje de remoción (%R) y la capacidad de adsorción (q) de AM al entrar en contacto con diferentes masas de material adsorbente (Tabla 1). Se trabajó con 50ml de solución madre de AM con masas de entre 100 y 1000mg adsorbente, con agitación continua a 200rpm, Temp= 20±2°C y pH= 6,5±0,2 durante 24 horas para asegurar el equilibrio. Luego, se determinó la concentración de AM en el equilibrio de las soluciones sobrenadantes. Los ensayos se realizaron por triplicado.

Tabla 1: Ecuaciones de %Remoción y capacidad de adsorción.

Parámetro	Ecuación ⁶	
% Remoción	$\% \text{Remoción} = (C_i - C_e) \cdot 100 / C_i$	C _i : concentración inicial C _e : concentración de equilibrio
Capacidad de adsorción	$q_e = (C_i - C_e) \cdot V / m_{ads}$	V: volumen de solución m _{ads} : masa de material adsorbente

Resultados y discusión

Materiales adsorbentes: El proceso de obtención de carbón activado generó un rendimiento promedio del 30% (cada 10g de material crudo tratado se obtuvieron 3 g de carbón activado).

Curva de Dosaje: En las Figura N°1 (a y b) se muestran las curvas de dosaje para los materiales estudiados. Se puede ver que la mejor relación adsorbato-adsorbente se da cuando la masa de adsorbente es de 200mg. Para esa dosis se puede apreciar que ambos carbones activados (CAR yCATr) la remoción del colorante fue completa. En cambio, para las muestras R y Tr, los resultados en el porcentaje de remoción del contaminante modelo fueron del 76% y el 64%, respectivamente. Teniendo en cuenta el rendimiento del proceso de activación, para obtener 200mg de CAR y de CATr se necesitaron 670 mg de cada material crudo. Por su parte, 670 mg de cada material sin activar logran obtener porcentajes de remoción cercanas al 96%. Otros

Ambiente y Adsorción integrados para la comprensión y solución de problemas específicos

autores obtuvieron resultados similares para polvo de cáscara de nuez⁷ y para carbón activado obtenido a partir del tallo de banana⁸.

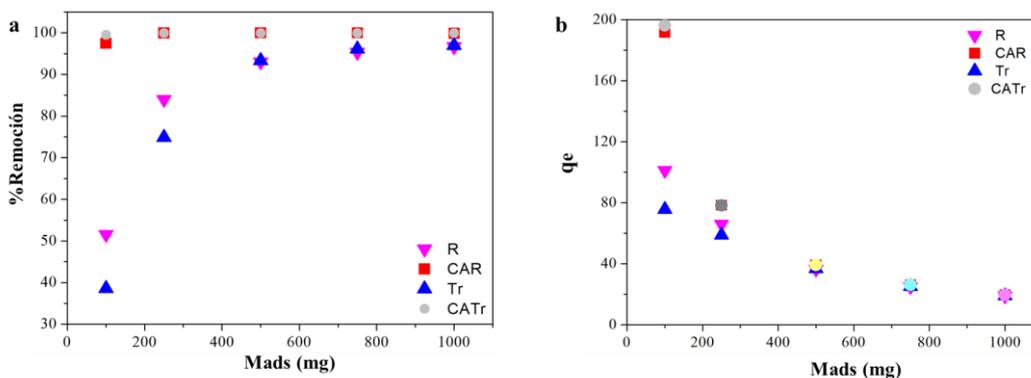


Figura 1: (a) Curva de dosaje. (b) q_e versus mg de adsorbente

Conclusiones

Los cuatro materiales adsorbentes estudiados tienen alta capacidad de remoción de AM. Sin embargo, el empleo de los materiales crudos tiene como ventaja adicional el bajo costo económico y ambiental de su pretratamiento haciendo más verde el proceso. De todos modos, el menor volumen de los carbones activados puede resultar en una ventaja tecnológica ya que requieren equipamientos de menor tamaño, por ende, menores inversiones iniciales a nivel estructural para un proceso industrial. La evaluación de todas las aristas de estas dos alternativas debe realizarse para obtener el mejor tratamiento orientado a cada situación en particular.

Finalmente, la utilización de residuos de *Moringa oleifera* como materiales adsorbentes para la remoción de AM podría ser una alternativa sostenible para el tratamiento terciario de efluentes de industrias textiles.

Referencias

- 1- Firpo, A., *Campaña Algodonera actual y algunas consideraciones sobre el futuro*, Cámara algodónera argentina, vol. Diciembre, pp. 4–9, (2014)
- 2- Jaramillo, A., Echavarría, A., Hormaza, A., *Diseño Box-Behnken para la optimización de la adsorción del colorante azul ácido sobre residuos de flores*, Ingeniería y Ciencia, vol. 9, no. 18, pp. 75–91, (2013).
- 3- Alemán, A., Hormaza, A., Álvarez, M., *Remoción de rojo básico de un efluente textil simulado : un caso de aplicación de la cascarilla de arroz*, Producción Limpia, vol. 6, no. 1, pp. 66–75, (2011).
- 4- Arthy M., Saravanakumar, M., *Isotherm modeling, kinetic study and optimization of batch parameters for effective removal of Acid Blue 45 using tannery waste*, Journal of Molecular Liquids, vol. 187, pp. 189–200, doi: 10.1016/j.molliq.2013.06.019, (2013).
- 5- 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 oleífera*, CADI/CLADI/CAEDI (2021).
- 6- Sharma S., Tiwari, D. P., *Model-fitting approach for methylene blue dye adsorption on Camelina and Sapindus seeds-derived adsorbents*, Adsorption Science and Technology, doi: 10.1177/0263617416674949, (2016).
- 7- Uddin M., Nasar, A. *Walnut shell powder as a low-cost adsorbent for methylene blue dye: isotherm, kinetics, thermodynamic, desorption and response surface methodology examinations*, Scientific Reports natureresearch., vol. 10, no. 1, pp. 1–13, doi: 10.1038/s41598-020-64745-3, (2020).
- 8- Misran, E., Bani, O., Situmeang, E., Purba, A., *Banana stem based activated carbon as a low-cost adsorbent for methylene blue removal: Isotherm, kinetics, and reusability*, Alexandria Engineering Journa., vol. 61, no. 3, pp. 1946–1955, doi: 10.1016/j.aej.2021.07.022, (2022).