



Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2021



Congreso Internacional de Investigación Academia Journals

ISSN

ISSN 1946-5351 online
No. 13, 2021*

*El número 1 fue utilizado en 2009. Cada año siguiente ha recibido el número secuencial.

ISSN asignado a Academia Journals por el U.S. ISSN Center, una rama de la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos. Varios portales independientes proporcionan servicios de verificación de la asignación de un ISSN a una publicación periódica. Entre los más utilizados se encuentran los siguientes: WORLDCAT:
<https://www.worldcat.org/account/?page=searchItems>

Consejo académico

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Ing. Mónica Gutiérrez (San Antonio, EEUU)

Diseño y publicidad

contacto@academiajournals.com

Comentarios y sugerencias

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

Política de copyright

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan las políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación.

Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo.

Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

Indexación

Desde 2015, los trabajos presentados en el congreso cuentan con indexación por la compañía EBSCO (EBSCOHOST) de Ipswich, Massachusetts, Estados Unidos. Para la verificación de los títulos indexados por este importante servicio de databases, consultar los enlaces

<https://www.ebscohost.com/academic/fuente-academica-plus>,
<https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.htm> o
<https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.pdf>

Residuos Agrícolas (Cáscara de Nuez) como Material Adsorbente para la Eliminación de Colorante Rojo Allura

Nora Ailín Barrón-Moreno¹, Jonatan Torres-Pérez², Alba Yadira Corral-Avitia³, Katya Aimée Carrasco-Urrutia⁴

Resumen—El colorante azóico Rojo Allura es un contaminante emergente que ha sido encontrado en diversos cuerpos de agua y su acumulación ocasiona diversos daños en el ambiente. Los procesos adsorbentes son tratamientos avanzados de agua que son una alternativa para eliminar este tipo de colorantes de medio acuoso. El objetivo del presente trabajo fue preparar carbón activado a partir de cáscara de *Carya illinoensis* probando diferentes métodos de activación, y evaluar el proceso de sorción de Rojo Allura. Se utilizó un sistema de sorción en lote ($C_0=5-10$ mg/L). Los carbones activados preparados mostraron una capacidad máxima de sorción de 7.5 mg/g cuando fue sometido a carbonización en presencia de nitrógeno y se activó con vapor de agua. Los datos experimentales del proceso de sorción sobre este material presentaron un mejor ajuste al modelo de pseudo-primer orden y Elovich. Se demostró que el carbón activado preparado de cáscara de nuez en atmósfera inerte y activado con vapor de agua es un material alternativo y efectivo para eliminar el colorante Rojo Allura de medio acuoso.

Palabras clave— carbón activado, Rojo Allura, adsorción.

Introducción

El agua tiene una gran importancia en la economía global, ya que es esencial en diversas actividades industriales, lo que genera a una gran demanda que aumenta día a día y origina grandes volúmenes de aguas residuales que deben ser tratadas antes de su eliminación final. Esto provoca que las actividades industriales induzcan la contaminación química del agua por metales, colorantes, pesticidas y compuestos que se eliminan en menor proporción (Valladares-Cisneros et al., 2017). Induciendo la contaminación de los hábitats acuáticos, ocasionando aguas residuales industriales no tratadas o parcialmente tratadas en los diversos cuerpos de agua (Agudelo et al., 2018).

Muchas industrias, especialmente las de alimentos y textiles, a menudo usan tintes y pigmentos para colorear sus productos, generando aguas residuales no tratadas en el ambiente, provocando las siguientes consecuencias: aparición de cuerpos de agua que conlleva problemas estéticos, la capacidad de recibir agua para reoxidarse es limitada, se reduce la penetración de la luz solar (que a su vez interfiere con las actividades de fotosíntesis en el sistema acuático) y toxicidad para los organismos presentes en el medio acuático (Piccin et al., 2009).

Los contaminantes orgánicos presentes en las aguas residuales aumentarán la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), reduciendo así el contenido de oxígeno en el agua y provocando hipertrofia, amenazando a los organismos acuáticos. Los contaminantes orgánicos en las aguas residuales son principalmente ácidos, como los compuestos de ácido carboxílico, ácidos sulfónicos y ácidos fenólicos, (se eliminó una palabra) ya que estos compuestos tienen buena solubilidad en agua, pero biodegradación limitada (Valladares-Cisneros et al., 2017).

Los colorantes azoicos son colorantes sintéticos o artificiales que contienen un grupo "azo" como parte de su estructura. Normalmente son más estables que los colorantes naturales (resistentes al calor y no se decoloran ante la luz y/o a el oxígeno). Ofreciendo colores fuertes y vivos (Cristancho-Segura, 2016). Es el grupo de los colorantes más grande disponible en el mercado, además, son los que más contaminan el ambiente, ya que se estima que entre el 10% y el 15% de ellos se vierten al ambiente durante su producción y uso (Ruíz & Giraldo, 2009). La estructura molecular del grupo azo presenta el grupo $N=N$ en medio de los anillos aromáticos $Ar-N=N-Ar$ (Guevara & Leca, 2013). El doble enlace es la parte de la molécula del colorante que imparte el color al producto, este grupo funcional se denomina grupo cromóforo y puede estar presente una o varias veces dentro de la estructura molecular del compuesto (Figura 1), (Moreno & Ospina, 2008). Estos colorantes tienen como característica de unirse a otros grupos fenilo o naftilo $-N=N-$, y contiene cloruro ($-Cl$), nitro ($-NO_2$), metilo (CH_3), amino plasma (NH_2), hidroxilo ($-OH$) y carboxilo ($-COOH$).

¹ La E. en Biología Nora-Ailín Barrón-Moreno es estudiante del programa de Biología del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. al151635@alumnos.uacj.mx (autor corresponsal)

² El Dr. Jonatan Torres Pérez es profesor-investigador del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. jonatan.torres@uacj.mx

³ La Dra. Alba Yadira Corral-Avitia es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. acorral@uacj.mx

⁴ La Dra. Katya Aimée Carrasco-Urrutia es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. kcarrasc@uacj.mx

Donde suelen encontrarse en grupos de ácido sulfónico ($-\text{SO}_3\text{H}$), en este caso estos colorantes se denominan colorantes azosulfonados (Tan, 2001).

Actualmente, los colorantes sintéticos son muy utilizados en las industrias textil y alimentaria debido a que tienen una mayor estabilidad y eficacia de color, pero en vista de sus posibles efectos nocivos para la salud, su uso está restringido y controlado (Yagub *et al.*, 2014).

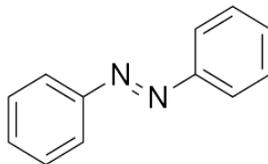


Figura 1. Estructura molecular del grupo azo. Fuente:(Merino & Ribagorda, 2012).

Dependiendo del tipo de contaminantes a eliminar, existen muchos métodos de tratamiento adecuados para las aguas residuales industriales. Estos tratamientos se pueden clasificar según diferentes criterios. El grado de tratamiento de aguas residuales requerido depende fundamentalmente del límite de descarga de aguas residuales. A la hora de elegir un método de tratamiento, es fácil conocer los tipos de contaminantes en el agua que se quiere eliminar, dependiendo de esto, el método de tratamiento recomendado es diferente (Mestanza, 2012). Al remover colorantes en las aguas residuales, entre estos métodos se encuentran los más usados que son el tratamiento primario, el tratamiento secundario, el tratamiento terciario, la oxidación avanzada, la ósmosis inversa y la adsorción por residuos agrícolas y carbón activado. Muchos de estos procesos son compuestos producidos por degradación que son más tóxicos que el propio colorante, mientras que otros procesos pueden ser demasiado costosos o inconveniente (Fan *et al.*, 2008; Wallace *et al.*, 2001).

La adsorción es un proceso de transferencia de fase que se usa ampliamente en la práctica para eliminar sustancias (gaseosas o líquidas) de la fase líquida. También se puede observar cómo natural en diferentes compartimentos ambientales. La definición más general describe la adsorción como el enriquecimiento de especies químicas en la fase líquida sobre una superficie líquida o sólida. Debido a su diseño simple y rentabilidad, la adsorción se considera un proceso atractivo. Los materiales disponibles localmente (residuos agrícolas) se pueden utilizar como adsorbentes de bajo costo y fácil de conseguir (Saleh, 2015), la adsorción juega un papel especial en aplicaciones prácticas. Por ello, en el presente trabajo de investigación se evaluó la capacidad de adsorción de un material adsorbente alternativo (carbón activado de cáscara de nuez) para la eliminación del colorante azoico Rojo Allura.

Descripción del Método

El presente estudio se llevó a cabo en el Instituto de Ciencias Biomédicas en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el Laboratorio transferencia y degradación de contaminantes.

Preparación de los materiales adsorbentes

Los materiales adsorbentes fueron preparados a partir de cáscara de nuez de un mercado local de ciudad Juárez, Chihuahua. 100 g de material fueron tratados con diferentes reactivos para promover la activación química: 1) Ácido cítrico 0.1 M, 2) ácido sulfúrico 0.1 M; 3) una mezcla de nitrato de amonio + ácido sulfúrico 0.1 M y finalmente una activación física usando altas temperaturas y 4) vapor de agua en atmósfera inerte (N_2). Todos los materiales fueron carbonizados a 600 °C en un reactor cerrado y únicamente el activado físicamente con vapor de agua fue carbonizado bajo atmósfera constante de nitrógeno gas. Al final de los procesos fueron triturados y tamizados para obtener un tamaño de partícula entre 1.0 y 0.5 mm.

Cinéticas de sorción

Se prepararon soluciones de 5 y 10 mg/L de colorante Rojo allura en agua destilada. De esta solución se tomaron 250 mL y se colocaron en tres reactores de polietileno con tapa herméticos. Los recipientes se rotularon de la siguiente manera: A, B y C. Después se pesaron en una balanza (OHAUS, mod. PA224) 0.25 g de cada material adsorbente y se añadieron en cada uno de los frascos etiquetado en agitación constante a 125 rpm.

Utilizando una micropipeta, se tomaron alícuotas de 2 mL de cada solución contenida en los reactores cada hora durante 8 h y posteriormente cada 24 h hasta alcanzar el equilibrio de sorción. Se colocaron dichas alícuotas en celdillas para espectrofotómetro y se determinó la concentración de colorante Rojo Allura en un espectrofotómetro UV (Jenway, mod. 7315) a una longitud de onda de 502 nm. Los datos experimentales se ajustaron a modelos cinéticos de primer orden, pseudo segundo orden y Elovich para la obtención de los parámetros cinéticos de sorción. El ajuste

a dichas ecuaciones se realizó con ayuda de un programa computacional por medio de regresiones no lineales por el método de mínimos cuadrados utilizando el método de Levenberg – Marquardt.

Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestra la cinética de adsorción del colorante Rojo Allura sobre los materiales adsorbentes preparados, los materiales carbonosos activados químicamente con ácido cítrico, ácido sulfúrico y la mezcla hidróxido de amonio + ácido cítrico no presentaron adsorción significativa; por el contrario, el material que fue activado con vapor de agua en presencia de nitrógeno presentó una remoción importante del colorante (75 %).

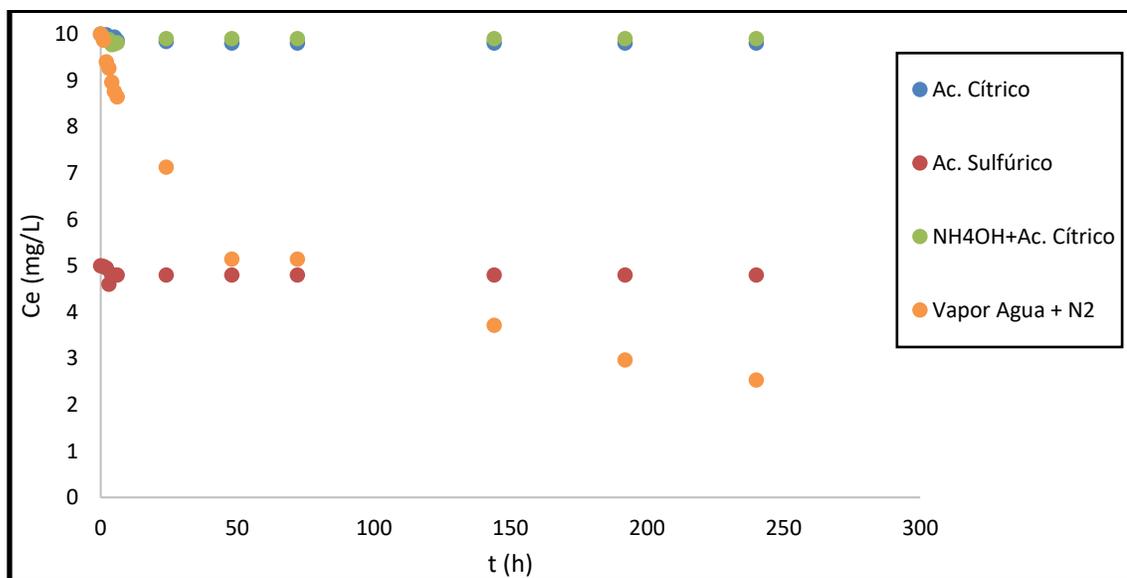


Figura 2. Cinética de sorción de Rojo Allura sobre los materiales adsorbentes preparados a partir de cáscara de nuez.

Los datos experimentales del proceso de sorción del colorante Rojo Allura sobre el material preparado a partir de cáscara de nuez y activado con vapor de agua fueron ajustados al modelo cinético de pseudo-primer orden; donde el ajuste al mismo fue aceptable ($R=0.9875$) (Figura 3), lo anterior es indicativo que el proceso de sorción se da sobre una superficie homogénea en cuanto a los sitios de sorción (Martínez-Olivas *et al.*, 2020).

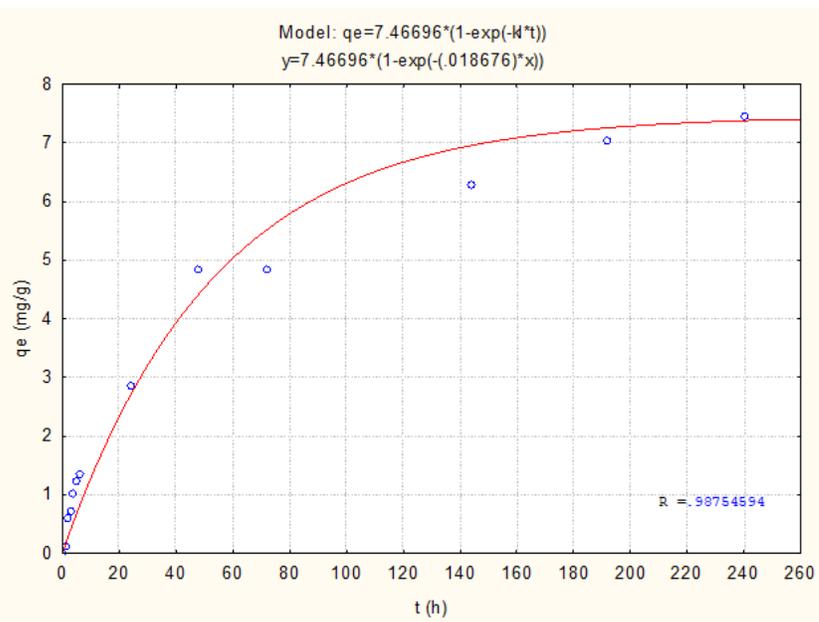


Figura 3. Modelo cinético de pseudo-primer orden ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de Rojo Allura sobre carbón activado con vapor de agua en presencia de N_2 .

Cuando los datos experimentales fueron ajustados con la ecuación del modelo cinético de pseudo-segundo orden (Figura 4), el ajuste fue ligeramente menor al encontrado con el pseudo-primer orden. Sin embargo, el valor de R (0.9803) es significativo de igual manera. Con ellos se puede deducir que el proceso de sorción se llevó a cabo en cierta parte también sobre una superficie con una distribución heterogénea de poros.

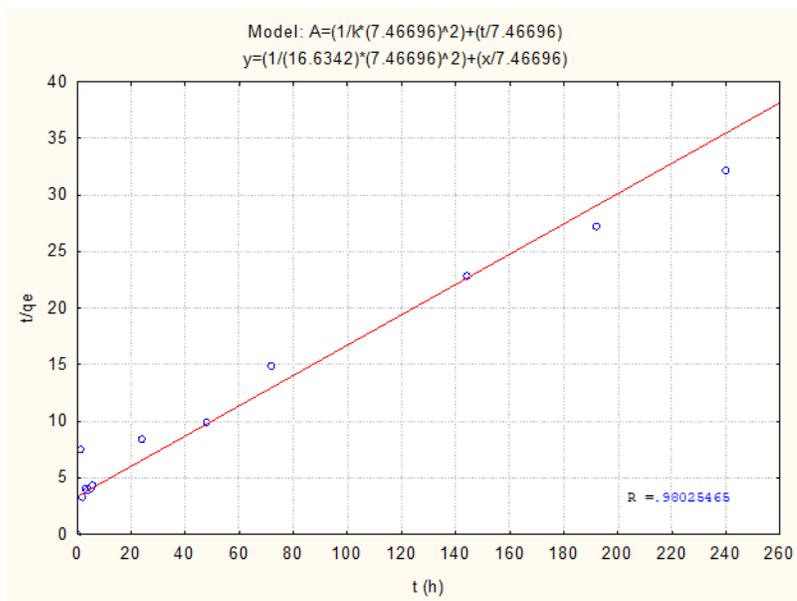


Figura 4. Modelo cinético de pseudo-segundo orden ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de Rojo Allura sobre carbón activado con vapor de agua en presencia de N_2 .

En la Figura 5 se observa el ajuste de los datos experimentales al modelo cinético de Elovich. El coeficiente de correlación obtenidos para dicho proceso fue alto ($R=0.9975$) y al ajustarse a dicho modelo se sugiere que el proceso de sorción se lleva a cabo por adsorción química.

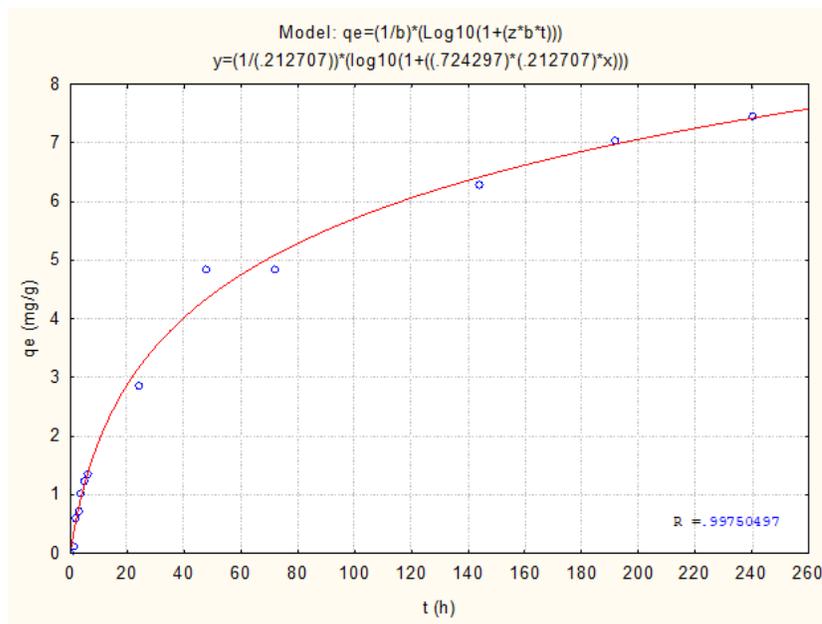


Figura 5. Modelo cinético de Elovich ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de Rojo Allura sobre carbón activado con vapor de agua en presencia de N₂.

Se determinaron los parámetros cinéticos de los modelos anteriormente mencionados: pseudo-primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich del proceso de sorción sobre carbón activado con vapor de agua en presencia de N₂ (Cuadro 1) y con ello fue posible determinar por medio de la constante de velocidad (k) que la sorción es rápida y adecuada; convirtiendo a este material en una excelente alternativa para la eliminación de este colorante de medio acuoso.

Cuadro 1. Parámetros cinéticos de los modelos cinéticos aplicados al proceso de adsorción de Rojo Allura sobre carbón activado con vapor de agua en presencia de N₂.

Material	Modelo cinético	q_e (mg/g)	Constante de adsorción	R
Carbón activado con H ₂ O / N ₂	Pseudo-primer orden		$k = 0.0187$	0.9875
	Pseudo-segundo orden	7.4670	$k = 16.6342$	0.9803
	Elovich		$a = 0.7243$ $b = 0.2127$	0.9975

El modelo de Elovich presentó un valor de R importante (superior a 0.99), lo que sugiere una eliminación del contaminante por sorción química. El valor de la constante de adsorción ($a = 0.7243$) fue mayor al de desorción ($b = 0.2127$); con ello se establece que el proceso de remoción es favorable.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Los materiales carbonosos modificados químicamente con 1) Ácido cítrico 0.1 M, 2) ácido sulfúrico 0.1 M y 3) una mezcla de nitrato de amonio + ácido sulfúrico 0.1 M, no mostraron buena capacidad para la remoción del colorante Rojo Allura en medio acuoso.

Por otro lado, el material que fue sometido a una activación física usando 4) vapor de agua en atmósfera inerte (N_2) fue el que mostró la mayor capacidad de adsorción del colorante.

La eliminación del colorante por el material activado con agua se dio mediante una adsorción lenta en donde el equilibrio de la misma comienza a partir de 196 h de tiempo de contacto.

La capacidad máxima de sorción del material activado con $H_2O + N_2$ fue de 7.5 mg/g.

El proceso de sorción del colorante Rojo allura con el carbón activado físicamente fue descrito de mejor manera por el modelo cinético de pseudo-primer orden y Elovich.

Conclusiones

Mediante la presente investigación fue posible obtener un material adsorbente alternativo a partir de un residuo abundante y económico del estado de Chihuahua (cáscara de nuez). Las condiciones de activación más efectivas fueron las más inocuas (activación con vapor de agua + nitrógeno); logrando con ello un material ambientalmente amigable en cuanto a su fabricación. Este nuevo tipo de materiales representan una alternativa viable y más económica a los carbones activados comerciales que actualmente existen en el mercado.

Recomendaciones

Es ampliamente recomendable realizar pruebas de eliminación de este y otros colorantes orgánicos utilizando diferentes condiciones en el proceso de sorción, tal es el caso de la modificación de valor de pH, temperatura y concentraciones iniciales. Así mismo, se recomienda la realización de experimentos de sorción más específicos para la determinación de la capacidad máxima de sorción que presenta el material a diferentes concentraciones.

Referencias

- Agudelo, E. A., Gaviria-Restrepo, L. F., Barrios-Ziolo, L. F., & Cardona-Gallo, S. A. (2018). Techniques to determine toxicity in industrial wastewater contaminated with dyes and pigments. *DYNA (Colombia)*, 85(207), 316–327.
- Cristancho-Segura, J. G. (2016). Decoloración fotocatalítica del colorante orange ii mediante uso de ceniza volante. *Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.*, 152(3), 28.
- Fan, L., Zhou, Y., Yang, W., Chen, G., & Yang, F. (2008). Electrochemical degradation of aqueous solution of Amaranth azo dye on ACF under potentiostatic model. *Dyes and Pigments*, 76(2), 440–446.
- Guevara, L. K., & Leca, G. (2013). Determinación e identificación de aditivos colorantes azoicos en bebidas refrescantes expendidas en supermercados de la ciudad de trujillo. *Universidad Nacional de Trujillo*.
- Martínez-Olivas, A., Torres-Pérez, J., Balderas-Hernández, P. et al. Oxytetracycline Sorption onto Synthetized Materials from Hydroxyapatite and Aluminosilicates. *Water Air Soil Pollut* 231, 264 (2020).
- Merino, E., & Ribagorda, M. (2012). Control over molecular motion using the cis-trans photoisomerization of the azo group. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 8, 1071–1090.
- Mestanza, M. (2012). Estudio De Materiales Adsorbentes Para El Tratamiento De Aguas Contaminadas Con Colorantes. 312.
- Moreno, N., & Ospina, X. (2008). Evaluación de inductores metálicos y co-sustratos para la remoción de negro reactivo 5 empleando *Pleurotus ostreatus* inmovilizado en fique. *Pontificia Universidad Javeriana*, 1–27.
- Piccin, J. S., Vieira, M. L. G., Gonçalves, J. O., Dotto, G. L., & Pinto, L. A. A. (2009). Adsorption of FD&C Red No. 40 by chitosan: Isotherms analysis. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 16–20.

Ruíz, Á., & Giraldo, L. (2009). Remoción del colorante azoico amaranto de soluciones acuosas mediante electrocoagulación. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(2), 31–38.

Saleh, T. A. (2015). Isotherm, kinetic, and thermodynamic studies on Hg(II) adsorption from aqueous solution by silica- multiwall carbon nanotubes. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(21), 16721–16731.

Tan, N. C. G. (2001). Integrated and sequential anaerobic/aerobic biodegradation of azo dyes. Thesis Wageningen University Research Center, Wageningen, The Netherlands.

Valladares-Cisneros, M. G., Valerio Cárdenas, C., de la Cruz Burelo, P., & Melgoza Alemán, R. M. (2017). Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 55–73.

Wallace, T. H., Novak, J. T., Hoehn, R. C., & Randall, C. W. (2001). Biological Treatment of a Synthetic Dye Water and an Industrial Textile Wastewater Containing Azo Dye Compounds. Thesis.

Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., & Ang, H. M. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 172–184.

Notas Biográficas

La **E. en Biología Nora-Ailín Barrón-Moreno** es estudiante del programa de Biología del Instituto de Ciencias Biomédicas de la *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*, Chihuahua, México.

El **Dr. Jonatan Torres Pérez** es profesor-investigador del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Terminó sus estudios de doctorado en la *Université de Nantes, Francia*. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

La **Dra. Alba Yadira Corral-Avitia**, es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

La **Dra. Katya Aimée Carrasco-Urrutia**, es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS, CELAYA, 2021

CERTIFICADO

otorgado a

E. LIC. BIOL. NORA AILÍN BARRÓN-MORENO
DR. JONATAN TORRES-PÉREZ
DRA. ALBA YADIRA CORRAL-AVITIA
DRA. KATYA AIMÉE CARRASCO-URRUTIA

por su participación con la ponencia titulada

**RESIDUOS AGRÍCOLAS (CÁSCARA DE NUEZ) COMO MATERIAL ADSORBENTE PARA LA
ELIMINACIÓN DE COLORANTE ROJO ALLURA**

(Artículo No. CCC-045)

El congreso, con fechas 10 y 11 de noviembre de 2021, fue organizado con la colaboración de Academia Journals y el Tecnológico Nacional de México en Celaya; la ponencia fue presentada en este congreso.

El artículo fue publicado en las siguientes modalidades: (1) en el portal de Internet AcademiaJournals.com, con **ISSN 1946-5351, Vol. 13, #10 online**, 2021 e indexación en la base de datos Fuente Académica Plus de EBSCOHOST, MASSACHUSETTS, Estados Unidos y (2) **libro digital ebook** con **ISBN 978-1-939982-90-2 online**, titulado "*Diseminación de la Investigación en la Educación Superior: CELAYA 2021*".



Dr. Rafael Moras, P.E.
Editor Principal
Academia Journals



MC. Moises Tapia Esquivias
Coordinador General del
Congreso Internacional de Investigación
Academia Journals, Celaya, 2021.

No. 4542

CCC-045



Firma digital:

<http://aj.itcelaya.edu.mx/folio.html?f=470e7a4f017a6c8349c5455dc>