

LETTER TO EDITOR / CARTA AL EDITOR

Hidróxidos Dobles Laminares (HDL) como material adsorbente en descontaminación de aguas contaminadas por colorantes azoicos**Layered Double Hydroxides (LDH) as adsorbent material in decontamination of water contaminated by azo dyes**Fredy Rodríguez^{1*}, Lilian Sosa² and Juan Domínguez-Robles³

DOI. 10.21931/RB/2022.07.03.33

¹ Departamento de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Tegucigalpa, Honduras.² Grupo de Investigación en Tecnología Farmacéutica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad Nacional Autónoma de Honduras.³ School of Pharmacy, Queen's University Belfast, 97 Lisburn Road, Belfast BT9 7BL, UK.Corresponding author: fredy.rodriguez@unah.edu.hn

Cada día es evidente como un recurso natural tan imprescindible para el desarrollo de la vida, como es el agua, se ve amenazado por diversos factores de contaminación; debido a diferentes procesos industriales necesarios para atender sus demandas (industria textil, alimenticia y cosmética)¹. Tal es el caso de la contaminación causada por los colorantes de tipo azoico, que son compuestos químicos nitrogenados, y que se caracterizan por la presencia de un grupo azo (-N=N-) en la molécula que une, al menos, dos anillos aromáticos. Son utilizados ampliamente en la industria textil ya que proporcionan una coloración intensa a las telas, algunos de ellos son mencionados en la figura 1 (con su estructura química)². Estos colorantes presentan como principal consecuencia la contaminación de agua obstaculizando el paso de la luz, provocando que organismos autótrofos no produzcan su alimento y de esta manera interrumpen la cadena trófica en ecosistemas acuáticos. Adicionado a esto, se aumenta la posibilidad de indicios de toxicidad ya que los colorantes azoicos pueden ser cancerígenos debido a su producto desdoblado: la bencidina. Esta sustancia induce varios tumores humanos y animales, asimismo, la reducción de la bencidina produce aminas aromáticas que afectan la salud humana, causando alergias y en animales de laboratorio se han observado efectos negativos en el hígado, riñones, sistemas inmunitario y nervioso^{3,4}.

Debido a esta problemática, proponemos en esta comunicación: el uso de una técnica de remediación denominada adsorción, que consiste en la acumulación de las partículas de un soluto en dilución o de un gas en la superficie de un material sólido; y que se ha convertido en una alternativa para la eliminación de colorantes en fuentes de agua, debido a su flexibilidad, simplicidad, rapidez y eficacia⁵. Para hacer uso de la adsorción como técnica de descontaminación de aguas por colorantes azoicos, recomendamos la utilización de los Hidróxidos Dobles Laminares (HDL) conocidos comúnmente como materiales tipo Hidrotalcitas (HT) (figura 2). Estos compuestos están basados en una estructura laminar del mineral brucita ($Mg(OH)_2$) en donde el Mg^{2+} está coordinado octaédricamente con los iones hidroxilos (OH^-), en estos compuestos el catión divalente (Mg^{2+}) es sustituido isomórficamente por un catión trivalente (Al^{3+}), provocando un exceso de carga positiva en las láminas, que luego es compensada con aniones hi-

dratados en el espacio interlaminar y la estructura de estos compuestos es muy variable⁶.

A continuación, en la tabla 1, resumimos los estudios más recientes encontrados en la literatura donde los autores han evidenciado la eficacia adsorbente de los colorantes azoicos mediante el uso de los HDL, estos estudios fueron realizados en condiciones de laboratorio.

Como podemos observar en la tabla 1, los HDL tienen gran capacidad de adsorción por arriba del 90%. Claramente, los resultados de adsorción se verán influenciados por el tipo de HDL utilizado, y esto podría deberse a la modificación de la composición laminar que afecta a las propiedades básicas como son: intercambio aniónico y potencial Z, que influirán probablemente en la interrelación del complejo formado. Para ello es importante estudiar más a fondo la interacción HDL-contaminante.

El agua es un recurso indefectible para realizar diversas actividades industriales, teniendo como resultado un gran problema de contaminación, misma que se incrementa día con día y que genera grandes volúmenes de agua residual que requieren ser tratados antes de su disposición final, siendo los HDL una gran alternativa para tal fin. En vista a lo anteriormente expuesto, concluimos que el uso de los HDL evidenciados en la literatura presentan muy buenos resultados como material adsorbente, debido a su elevado porcentaje de adsorción, al tiempo relativamente bajo en realizar el proceso y a la inocuidad con el ambiente del complejo contaminante-HDL formado, logrando una considerable reducción de colorantes de tipo azoico, generando una respuesta sencilla y económica en comparación con otras técnicas de remediación, esto debido a su elevada versatilidad y elevada capacidad de incorporar diferentes cationes tri y tetravalentes en sus laminas, así como la modificación de sus aniones hidratados en el espacio interlaminar. Se recomiendan más estudios en los que se utilicen HDL con combinaciones terciaria y cuaternarias de metales en sus laminas y más diversidad de aniones en el espacio interlaminar que evidencien la capacidad de adsorción y la mejora de los parámetros en el proceso, además de poner interés particular en el mecanismo de adsorción de estos contaminantes en los HDL para el tratamiento de la descontaminación de las aguas.

Citation: Rodríguez F, Sosa, Domínguez-Robles J. Hidróxidos Dobles Laminares (HDL) como material adsorbente en descontaminación de aguas contaminadas por colorantes azoicos. *Revis Bionatura* 2022;7(3) 33. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2022.07.03.33>

Received: 21 March 2022 / **Accepted:** 27 July 2022 / **Published:** 15 August 2022

Publisher's Note: Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Autor	Año de publicación	Nombre del estudio	Resultados	Tipo de HDL
Darmograit, G ⁷	2015	Study of Adsorption and Intercalation of Orange-Type Dyes into Mg-Al Layered Double Hydroxide	90 % de adsorción de colorantes como: anaranjado de metilo y anaranjado G.	HDL constituidos por Magnesio (Mg) y Aluminio (Al) intercalados con el anión Nitrato (NO ₃ ⁻)
Abdellaoui, K ⁸ .	2019	Nanohybrid Layered Double Hydroxides Used to Remove Several Dyes from Water.	97% de adsorción de colorantes tipo azoicos como ser el Amarath y Diamin Green Black (DGB)	HDL constituidos por Magnesio (Mg) y Aluminio (Al) intercaladas con anión Nitrato (NO ₃ ⁻)
Hidayatia, N ⁹	2019	Adsorption of congo red using Mg/Fe and Ni/Fe layered double hydroxides.	El estudio reveló el contenido de colorante adsorbido. Se trata del colorante rojo congo, el cual fue absorbido a una concentración de 0.0058 mg/g de contaminante.	HDL constituidos por las combinaciones de Magnesio (Mg) - Hierro (Fe) y Niquel (Ni) - Hierro (Fe), intercalados con aniones Nitratos (NO ₃ ⁻)
Lin, J ⁹	2021	Enhanced adsorption properties of organic ZnCr-LDH synthesized by soft template method for anionic dyes	90% de adsorción de los colorantes anaranjado de metilo, anaranjado II y anaranjado G.	HDL constituidos por Zinc (Zn) y Cromo (Cr) intercaladas con sulfonato de benceno
Lam, V.T ¹⁰	2021	Process optimization studies of congo red dye adsorption onto magnesium aluminium layered double hydroxide using response surface methodology	El estudio reveló el contenido de colorante adsorbido. Se trata del colorante rojo congo, el cual fue adsorbido a una concentración de 42 mg/g de contaminante.	HDL constituidos por Magnesio (Mg ²⁺) y Aluminio (Al ³⁺) intercalados con anión Cloruro (Cl ⁻)

Tabla 1. Reporte de estudios sobre el uso de HDL como material absorbente.

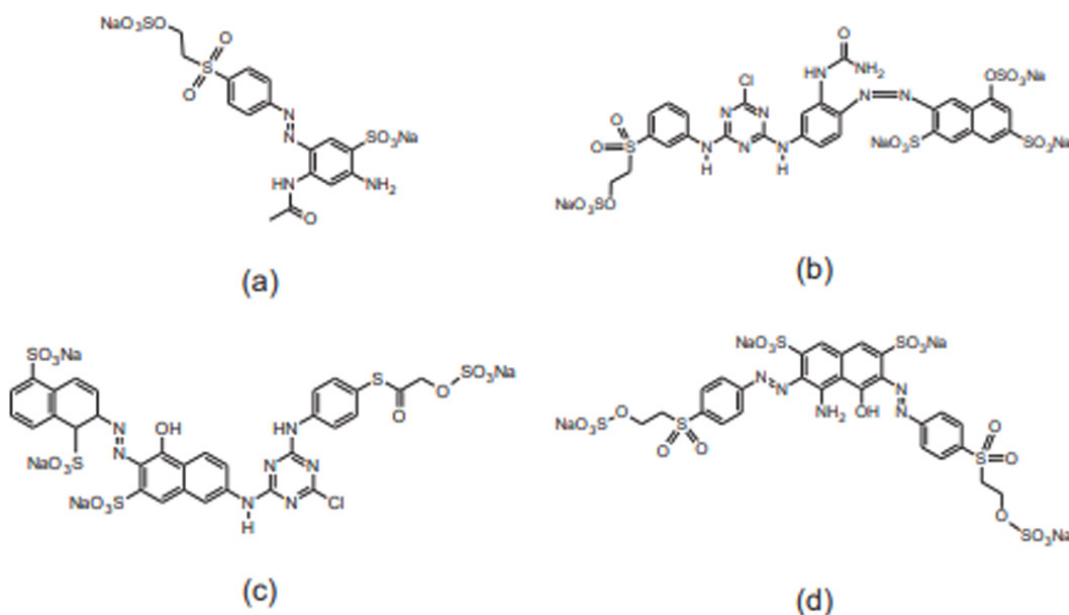


Figura 1. Algunos ejemplos de colorantes azoicos: a) Naranja reactivo 107, (b) Amarillo reactivo 145, (c) Naranja reactivo 122, (d) Negro reactivo 5².

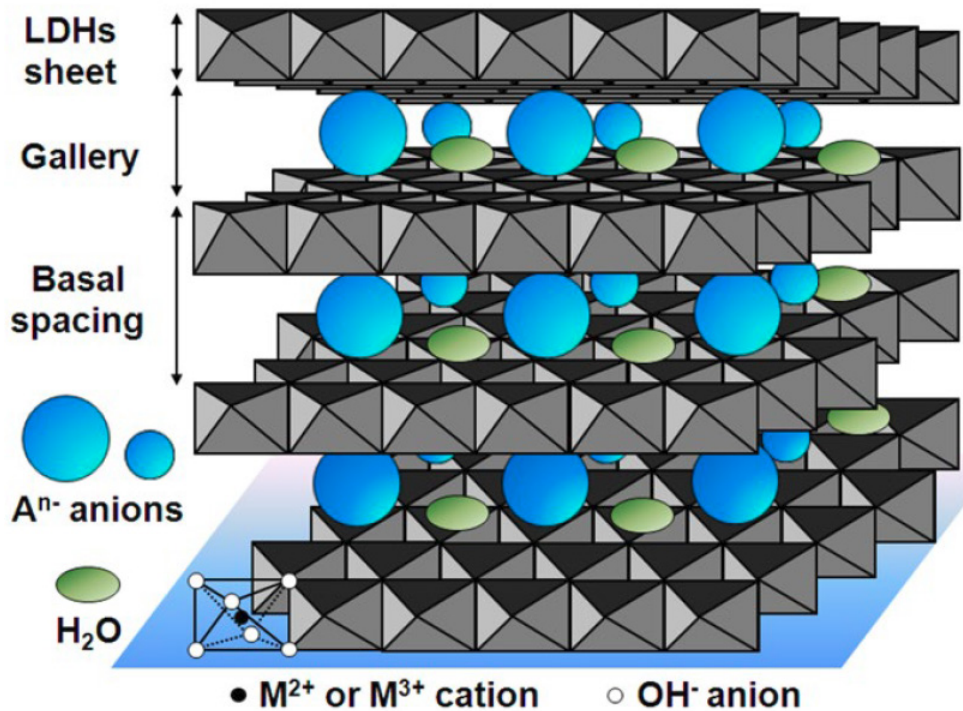


Figura 2. Estructura de los Hidróxidos Dobles Laminares⁶.

Contribuciones de los autores

Conceptualization, F.R.; resources, F.R, L.S, J.D-R.; writing—original draft preparation, F.R.; writing—review and editing, L.S.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica (DICIHT) por abrir el espacio para esta publicación.

Conflictos de Interés

No existen conflictos de intereses entre los autores.

Referencias bibliográficas

1. Kim, G.; Igundu, E. T.; Chen, G. Z. A sunlight assisted dual purpose photoelectrochemical cell for low voltage removal of heavy metals and organic pollutants in wastewater. *Chem. Eng. J.*, 2014, 244, 411–421.
2. Valladares-Cisneros, MG.; Valerio-Cárdenas, C.; de la Cruz-Burelo, P.; Melgoza-Alemán, R.M. Adsorbentes no-conventionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Rev. ing. univ. Medellín.*, 2017, 16 (31), 55–73.
3. Golka, K.; Kopps, S.; Myslak, Z.W. Carcinogenicity of azo colorants: influence of solubility and bioavailability. *Toxicol Lett.*, 2004, 151(1):203–10.
4. Chung, K. T. Azo dyes and human health: A review. *J. Environ. Sci. Heal. - Part C Environ. Carcinog. Ecotoxicol. Rev.*, 2016, 34, 233–261.
5. Mohammad, N.; Najafi, F.; Khorramfar, S. Synthesis, characterization and dye removal ability of high capacity polymeric adsorbent: Polyaminoimide homopolymer. *J. Hazard. Mater.*, 2011, 198, 87–94.
6. Bi, X.; Zhang, H.; Dou, L. Layered Double Hydroxide-Based Nanocarriers for Drug Delivery. *Pharmaceutics*, 2014, 6, 298–332.
7. Darmograi, G. et al. Study of Adsorption and Intercalation of Orange-Type Dyes into Mg-Al Layered Double Hydroxide. *J. Phys. Chem. C.*, 2015, 119, 23388–23397.
8. Abdellaoui, K.; Pavlovic, I.; Barriga, C. Nanohybrid Layered Double Hydroxides Used to Remove Several Dyes from Water. *ChemEngineering.*, 2019, 1–16.
9. Hidayati, N.; Apriliani, D.R.; Taher, T.; Mohadi, R.; Elfita.; Lesbani A. Adsorption of congo red using Mg/Fe and Ni/Fe layered double hydroxides. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2019, 1282, 0–7.
10. Lin, J.; Zhang, Y.; Zhang, Q.; Shang, J.; Deng, F. Enhanced adsorption properties of organic ZnCr-LDH synthesized by soft template method for anionic dyes. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2021, 28, 48236–48252.
11. Lam, V. T.; T. Dao, T.; Nguyen, H.; Thi Cam Nguyen D.; T.N.Le H.; T.T. Nguyen et al. Process optimization studies of congo red dye adsorption onto magnesium aluminium layered double hydroxide using response surface methodology. *Polish J. Environ. Stud.*, 2021, 30, 679–687.