

# REMOCIÓN DE COLORANTES TEXTILES EN AGUA MEDIANTE COLUMNAS EMPACADAS CON ABSORBENTES HÍBRIDOS

Morales Aguilar Jessica (1), Jacobo Azuara Araceli (2)

1 [Licenciatura en Química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jessy\_300694@hotmail.com]

2 [Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [azuara@ugto.mx]

## Resumen

Los colorantes son compuestos químicos, que básicamente se pueden conectar así mismos a las superficies o tejidos para impartir color. La mayoría de los colorantes son moléculas orgánicas complejas y se requieren que sean resistentes a muchas cosas tales como la acción de los detergentes. La adsorción es uno de los procesos más eficaces de tratamiento de aguas residuales, se considera un proceso económico, ya que es fácil de implementar y altamente eficiente para reducir contaminantes peligrosos orgánicos/inorgánicos. Los hidróxidos doble laminares (HDL) fueron utilizados en este estudio para examinar la adsorción que tiene hacia los colorantes azul de metileno (AM) y naranja de metilo (NM), se sintetizaron dos tipos de HDL los cuales contenían diferentes aniones, fueron obtenidos por el método de coprecipitación, estos materiales fueron caracterizados por las técnicas de composición química y fisisorción de nitrógeno. El mayor porcentaje de remoción de AM se dio con el HDL-Silicato mientras que para el NM fue con HDL-Carbonato siendo 96.43% y 81.76% respectivamente. El porcentaje máximo de remoción de NM se llevó a cabo a pH 4 mientras que para el colorante AM fue a pH 10.

## Abstract

Dyes are chemical compounds, that basically can connect themselves to surfaces or tissue to impart color. Most dyes are complex organic molecules and are required to be resistant to many things such as the action of detergents. Adsorption is one of the most efficient process for wastewater treatment, is consider an economic process, since it is easy to implement and is highly efficient to reduce organic/inorganic hazardous contaminants. The layered double hydroxides (LDH) were used in this study to examine the adsorption that has towards the dyes methylene blue (MB) and methyl orange (MO), to types of LDH were synthesized wich contained different anions, were obtained by the coprecipitation method, this materials were characterized by the chemical composition and physisorption techniques. The highest percentage of remotion of MB came with LDH-Silicate and for MO came with LDH-Carbonate with 96.43% and 81.76% respectively. The maximum percentage of remotion of MO was conducted at pH 4 while for the MB was at pH 10.

## Palabras Clave

Hidróxidos doble laminares; Coprecipitación; Adsorción ; Colorante; Remoción

## INTRODUCCIÓN

Los colorantes son compuestos químicos, que básicamente se pueden conectar a sí mismos a las superficies para impartir color. La mayoría de los colorantes son moléculas orgánicas complejas y se requiere que sean resistentes a muchas cosas tales como la acción de detergentes. Los colorantes sintéticos son ampliamente utilizados en muchos campos de la tecnología avanzada, por ejemplo, en diversos tipos de industria textil, papel, curtido de pieles, procesamiento de alimentos, plásticos, cosméticos, la industria de fabricación de goma. Sus descargas a los océanos y mantos acuíferos poseen una fuente importante de contaminación debido a su naturaleza recalcitrante, este dará el color indeseable a la masa de agua que reducirá la penetración de la luz solar, resistencia fotoquímica y ataques biológicos para la vida acuática. Hasta la fecha, más de 100,000 colorantes comerciales se conocen con una producción anual de más de  $7 \times 10^5$  toneladas/año. El consumo total de colorante en la industria textil en todo el mundo es más de 10,000 toneladas/año. Varios métodos, tales como la adsorción, la coagulación, oxidación avanzada y la separación por membranas se utilizan en la eliminación de colorantes de las aguas residuales. La adsorción es uno de los procesos más eficaces de tratamiento de aguas residuales que industrias emplean para reducir contaminantes peligrosos orgánicos/inorgánicos que se encuentran en los efluentes, se considera un proceso económico, ya que es fácil de implementar y altamente eficiente en la eliminación de compuestos tóxicos a partir de soluciones acuosas, especialmente en relativamente bajas concentraciones. [1]

La adsorción es un proceso fisicoquímico que tiene aplicación para la remoción de microcontaminantes orgánicos e inorgánicos disueltos en aguas residuales. El adsorbente es el material donde se depositará el adsorbato atraído por distintas fuerzas químicas o físicas [2]. En la actualidad se ha investigado el uso de diversos materiales adsorbentes como la alúmina, el carbón activado y las arcillas para la remoción de compuestos orgánicos e inorgánicos en aguas residuales.

## Hidróxido Doble Laminar

Entre el grupo de minerales que se refiere como óxidos e hidróxidos “No-silicatos”, los hidróxidos de doble capa (HDL) (imagen 1) también conocidos como materiales tipo hidrotalcitas o arcillas aniónicas, tienen muchas propiedades físicas y químicas que son sorprendentemente similares a las de los minerales de arcilla. Su estructura laminar, amplia composición química (debido a varias sustituciones isomorfas de cationes metálicos), densidad de carga laminar variable, propiedades de intercambio de iones, espacio interlaminar reactivo, crecimiento en agua y propiedades reológicas y coloidales que hacen el HDL similar a la arcilla. Pero debido a sus propiedades de intercambio de anión, HDL es referido como arcillas aniónicas. [3]

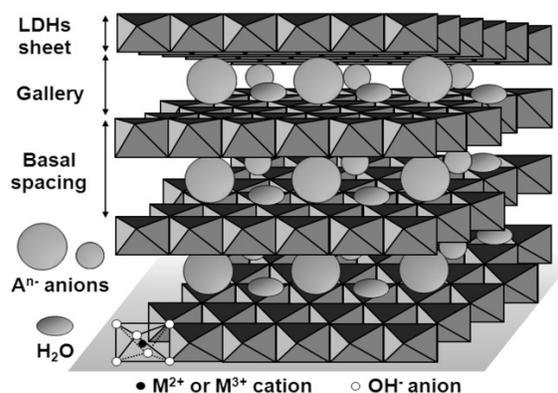


IMAGEN 1: Estructura de hidróxido doble laminar.

El objetivo general de este proyecto es determinar la máxima capacidad de adsorción de materiales híbridos utilizados en adsorbedor en lotes para remover compuestos orgánicos tóxicos provenientes de la industria textil.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Síntesis de Hidróxido Doble Laminar.

El HDL utilizado en este trabajo se obtuvo utilizando una metodología de coprecipitación similar a la reportada por [3]. Ver imagen 2.

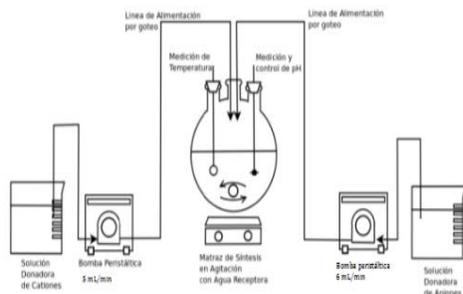


IMAGEN 2: Diagrama de procedimiento de síntesis de HDL.

### Método para la determinación de las isothermas de adsorción.

Los datos de equilibrio de adsorción de cada uno de los compuestos empleados se obtuvieron al poner en contacto una concentración del material conocida 0.5 g de HDL en forma de adsorbente en lote, como lo muestra la imagen 3. El adsorbente en lote fue un tubo de centrifuga de 50 ml, al cual se le agregaron 0.5 g de HDL y 40 ml de adsorbente. El tiempo de equilibrio fue de cinco días donde el adsorbente se sumergió a un baño de temperatura constante 25°C y monitoreando el pH.

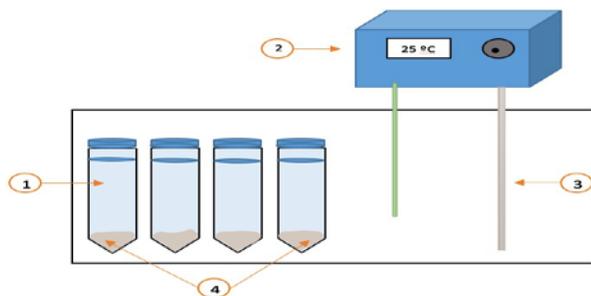


IMAGEN 3: Adsorbente en lote.

- Método para la determinación la concentración de compuestos orgánicos por UV-VIS.

La determinación de la concentración de los compuestos orgánicos por el método UV-VIS se realizó con el equipo marca SHIMADZU y modelo UV-2410PC, en una celda de 10 mm y con un software UV-Probe 2.1.

Tabla 1: Longitud de onda máxima de los compuestos.

Nombre	Longitud de onda $\lambda$ (nm)
1. Naranja de Metilo	463
2. Azul de Metileno	663

### Caracterización.

- Composición química.

La composición química de los HDL se determinó por medio de adsorción atómica. El equipo utilizado fue un espectrofotómetro de adsorción atómica marca Perkin Elmer y modelo Analyst 200. El porcentaje de óxido de aluminio se cuantificó por medio de una lámpara de cátodo hueco y utilizando el método de adición estándar.

Los HDL recibieron un tratamiento previo, el cual consistió en molienda del material en mortero de ágata hasta una malla aproximada de 200 (0.074 mm), posteriormente se secó a una temperatura de 110°C durante 16 h.

- Punto de carga cero y distribución de carga superficial.

El punto de carga cero y la distribución de carga superficial se calcularon por medio de un método ácido-base [4]. La técnica consistió en mantener en contacto 0.5 g del material sintetizado con 25 ml de solución neutralizante durante un tiempo de 24 h, se midió el pH final de la solución neutralizante y también se comparó con el pH de las soluciones neutralizantes se prepararon en un vaso de 50 ml agregando 0.1 ml, 0.5 ml, 1 ml, 2 ml, 3 ml, 4 ml y 5 ml de soluciones valoradas de HCl 0.1 N o NaOH 0.1 N según el caso. Estos volúmenes se aforaron hasta 25 ml con una solución de NaCl 0.1 N.

Se realizó una gráfica de volumen agregado de solución de HCl y NaOH contra el pH final de la solución con la muestra sintetizada y otra contra el volumen agregado de NaOH y HCl contra el pH final de la solución neutralizante sin material sintetizado, la intersección entre estas dos curvas correspondió al punto de carga cero (PCC) del material sintetizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de composición química que se realizaron a los materiales HDL, se muestran en la siguiente en la tabla 2, expresándose en forma de óxido, la composición del HDL se observa la presencia de los grupos que lo conforman.

Tabla 2: Composición química de los materiales sintetizados.

Componente	HDL-Silicato %	HDL-Carbonatos %
1.SiO <sub>2</sub>	38.93	0.00
2.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.96	24.54
3.MgO	10.40	17.94

El PCC encontrado en el HDL-Carbonato es de 7.0 lo que indica que la superficie del HDL está cargado positivamente cuando el pH < PCC y negativamente cuando pH > PCC. La carga superficial disminuyó considerablemente al aumentar el pH de 7 a 11. El PCC para el HDL-Silicato fue de 8.3 lo que indica que la superficie del material está cargado positivamente cuando pH < PCC y negativamente cuando pH > PCC. Ver imagen 4.

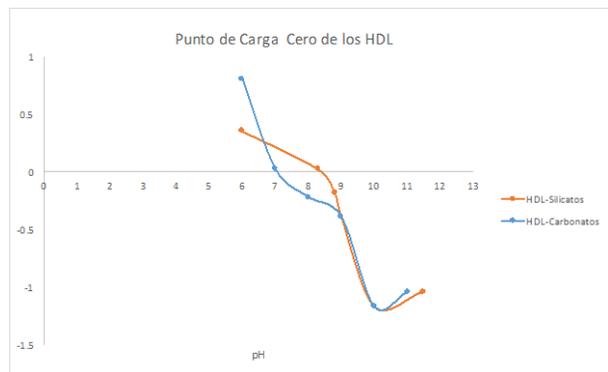


IMAGEN 4: Punto de carga cero de los HDL's.

La imagen 5 muestra el porcentaje promedio de remoción de cada colorante de acuerdo al material utilizado en el adsorbente en lote. Como se puede observar el azul de metileno tuvo un mayor porcentaje promedio de remoción con el material HDL-Silicato con un 96.43%, por otro lado el naranja de metilo presentó un mayor porcentaje promedio de remoción con el material HDL-Carbonato con un 81.76%.

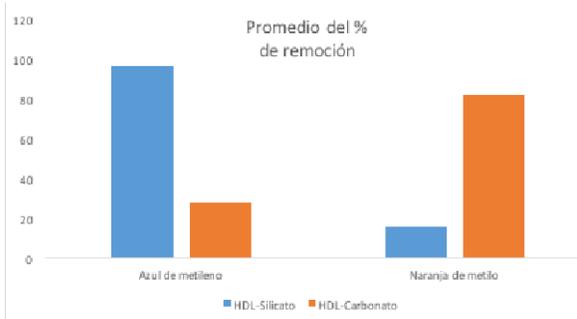


IMAGEN 5: Promedio del porcentaje de remoción de colorantes azul de metileno y naranja de metilo sobre los materiales HDL-Carbonato y HDL-Silicato, sin control de pH a 25°C.

Los resultados obtenidos del equilibrio de adsorción a diferentes pH se observa en la imagen 6 que para el naranja de metilo el mayor porcentaje de remoción se obtuvo en el pH 4 con un 75.16% y va disminuyendo conforme el pH va aumentando, esto se debe a que la carga positiva del material se reduce conforme aumenta el pH y la fuerza de repulsión entre el adsorbato y adsorbente aumenta. Por otro lado el azul de metileno la mayor capacidad de remoción la obtuvo a un pH 10 esto era de esperarse debido a que es un colorante azoico catiónico y la superficie del material a ese pH está cargada negativamente.

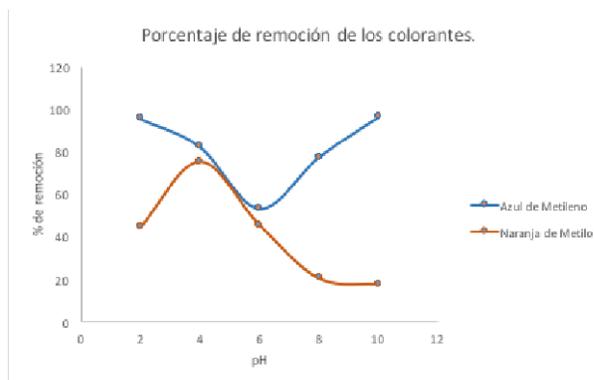


IMAGEN 6: Porcentaje de remoción de colorantes azul de metileno y naranja de metilo sobre HDL-Silicato en función de pH, con una concentración de 50 ppm a 25°C.

Tabla 3: Capacidad máxima de adsorción del adsorbato entre el adsorbente.

Adsorbato	Adsorbente	q <sub>max</sub> (mg/g)
1.Naranja de metilo	HDL-Silicato	4.3

2.Naranja de metilo	HDL-Carbonato	28
3.Azul de metileno	HDL-Silicato	23
4.Azul de metileno	HDL-Carbonato	4.6

En la tabla 3 se muestra los valores de la mayor capacidad de adsorción de los colorantes sobre los dos HDL, observando así que para el colorante naranja de metilo su máxima capacidad de adsorción se obtuvo sobre el HDL-Carbonato con una  $q_{max}$  de 28 mg/g, por otro lado el colorante azul de metileno obtuvo su máxima capacidad de adsorción sobre el HDL-Silicato con una  $q_{max}$  de 23 mg/g.

## CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se observó que los HDL sintetizados presentaron una buena capacidad para remover compuestos orgánicos como los colorantes, presentando altos porcentajes de remoción, el azul de metileno obteniendo su mayor porcentaje de remoción sobre el HDL-Silicato con un 96.43% y el naranja de metilo sobre el HDL-Carbonato con un 81.76%. Para el caso de los datos de equilibrio de adsorción donde hubo control de pH utilizando como adsorbente el HDL-Silicato, se concluyó que el azul de metileno obtuvo un mayor porcentaje de remoción sobre el material con un 96.32% a pH 10 ya que a  $pH > PCC$  puede adsorber moléculas catiónicas, por el contrario el naranja de metilo obtuvo una mayor porcentaje de remoción con un 75.16% a pH 4 ya que a  $pH < PCC$  puede adsorber moléculas aniónicas como el naranja de metilo.

## REFERENCIAS

- [1] Mustafa Y. Yagub, Tushar Kanti Sen, Sharmeen Afroze, H.M. Ang. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. Elsevier, 209, 172-184.
- [2] Mariangela Grassi, Gul Kaykioglu, Vincenzo Belgiorno, Giusy Lofrano. (2012). Removal of Emerging Contaminants from Water and Wastewater by Adsorption Process. Emerging Compounds Removal from Wastewater (pp. 15-37). Springer.

[3] Gerhard Lagaly, Faiza Bergaya. (2006) Layered Double Hydroxides. Handbook of clay science (pp.1021-1023). Elsevier Ltd Editorial.

[4] Leyva Ramos, R.; Rangel Méndez, J. R.; Mendoza Barrón, J.; Fuentes Rubio, L.; Guerrero Coronado, R. M. Water Sci. Technol. (1997), 35, 205-211.