

Síntesis de materiales adsorbentes a partir de biomasa de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) mediante carbonización hidrotermal para la remoción de Pb(II) del agua

Synthesis of adsorbent materials from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) biomass by hydrothermal carbonization to remove Pb (II) from water

^aGeiler Abadallan Acosta-Doporto; ^aNahum Andrés Medellín Castillo; ^aMaría Selene Berber-Mendoza; ^bPaola Elizabeth Diaz-Flores, ^cRaúl Ocampo-Pérez, ^aHilda Cisneros-Ontiveros.

^aCentro de Investigación y Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Dr. Manuel Nava, No. 8, Zona universitaria Poniente, C.P. 78290, San Luis Potosí, México. acostadoporto21@gmail.com; nahumanca@hotmail.com

^bFacultad de Agronomía. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Km. 14.5 Carretera San Luis-Matehuala C.P. 78321. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.

^cCentro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Avenida Dr. Manuel Nava, No. 6, Zona Universitaria Poniente, C.P. 78260. San Luis Potosí, S.L.P.

Palabras clave: Adsorción, Jacinto de Agua, Plomo

Keywords: Adsorption, Water Hyacinth, Lead

INTRODUCCIÓN

Debido al aumento de las actividades industriales y sus desechos, los metales pesados se han convertido un grave problema ambiental (Akhtar y col., 2004), causando diversos impactos desfavorables en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Bajo este contexto, la adsorción resulta una técnica versátil de bajo costo, de simple aplicación para la remoción de metales pesados de soluciones acuosas en comparación de los métodos tradicionales. Por otra parte, uno de los avances recientes en el campo de la adsorción es el uso y desarrollo de biosorbentes; los cuales pueden provenir de cualquier tipo de biomasa vegetal (Barros y col., 2017). En los últimos años, se ha prestado gran atención al jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) debido a su alta tasa de crecimiento y producción de biomasa vegetal (Schneider y col., 1999). Una técnica atractiva para la transformación de estos residuos es la carbonización hidrotermal (HTC) la cual consiste en mezclar la biomasa con agua y colocarla en un reactor cerrado a temperaturas entre 180 y 300 °C y presión autogenerada. Bajo estas condiciones, el agua actúa como solvente y catalizador favoreciendo la hidrólisis del material lignocelulósico. Del proceso se obtiene una fase líquida de compuestos orgánicos solubles en agua, un pequeño volumen de gas y un producto sólido denominado hidrochar.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue optimizar los parámetros tiempo y tipo de material para encontrar la síntesis adecuada para un hidrochar eficiente, además evaluar la biosorción de Pb (II) en solución como una alternativa de bajo costo y valor agregado para la remoción de metales

METODOLOGÍA

En este estudio se utilizó como material precursor plantas de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) que fueron colectadas en la presa San José del estado de San Luis Potosí, México. Las plantas fueron separadas en Hoja, Tallo y Raíz y se denominaron Ho, Ta y Ra, respectivamente, posteriormente se trituraron y lavaron repetidas veces con agua desionizada para retirar impurezas de la superficie. Después, se secaron en una estufa a 80 °C durante 24 horas y se almacenaron en recipientes de polipropileno para su posterior uso. El rendimiento (%R) para cada muestra sintetizada se calculó a partir de la relación que se muestra en la siguiente ecuación:

$$\%R = \text{peso hidrochar seco (g)} / \text{peso biomasa seca (g)} \times 100\% \quad (1)$$

La síntesis del hidrochar fue llevada a cabo en un reactor autoclave, a una temperatura de carbonización constante de 220 °C, variando el tiempo de residencia y el tipo de biomasa empleada (Ho, Ta, Ra), mientras que el rendimiento del hidrochar producido, la capacidad de adsorción y el PCC fueron los valores de respuesta. Se estableció un diseño experimental D-optimal en el software Design-Expert en el cual se estableció la síntesis de once materiales (Ver Tabla 1). La concentración de los iones Pb(II) en solución acuosa se determinó midiendo la absorbancia en un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz, marca Varian, SpectrAA-20. Los datos experimentales del equilibrio de adsorción de Pb(II) sobre los hidrochars se obtuvieron en adsorbentes experimentales de lote. La solución y los hidrochars se dejaron en contacto hasta que alcanzaron el equilibrio. La masa de Pb(II) adsorbido se calculó por medio de un balance de masa. El punto de carga cero (PCC) se determinó colocando determinada masa de cada material adsorbente en tubos de polipropileno agregando cierto volumen de agua desionizada con un tiempo de contacto de 24 horas. Transcurrido este tiempo, se procedió a tomar el pH de las muestras el cual correspondería al PCC.

RESULTADOS

El diseño de experimentos, mostrado en la Tabla 1, se realizó por medio del software Design-Expert de acuerdo con la metodología D-optimal para un diseño tipo lineal con 2 factores constituido en total por 11 experimentos. El análisis de varianza (ANOVA) para el efecto de las variables de síntesis de hidrochar sobre el %R, capacidad de adsorción de Pb(II) y PCC se muestran en la Tabla 2. De acuerdo con los resultados obtenidos se encontró que el tiempo de la síntesis afecta el %R rendimiento del producto obtenido, a mayor tiempo menor rendimiento, los %R variaron del 31.99 al 55.05 %, la capacidad de adsorción (q), es afectada por el tipo de material decreciendo en el orden siguiente Tallo > Hoja > Raíz. El PCC de los hidrochar no es afectado significativamente por alguna variable estudiada.

Tabla 1. Diseño experimental del tratamiento HTC y respuestas de rendimiento, capacidad de adsorción y punto de carga cero.

STD	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Tipo de material	Rendimiento (%R)	Capacidad de adsorción (q)	Punto de carga cero (PCC)
-----	------------------	------------	------------------	------------------	----------------------------	---------------------------

1	220	6.00	Tallo	33.77	69.49	5.16
2	220	6.00	Hoja	34.80	54.09	6.46
3	220	2.00	Tallo	50.91	61.74	5.02
4	220	2.00	Raíz	47.41	51.97	5.70
5	220	3.00	Hoja	44.65	52.57	6.28
6	220	5.00	Raíz	34.70	40.28	5.46
7	220	4.00	Tallo	43.02	53.58	5.40
8	220	6.00	Hoja	33.93	55.73	6.56
9	220	2.00	Raíz	55.05	55.06	5.70
10	220	6.00	Tallo	31.99	68.27	6.27
11	220	3.00	Hoja	44.10	53.49	6.09

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el modelo de ajuste del rendimiento, capacidad de adsorción y PCC

	Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	Valor p Prob > F
Rendimiento (%R)	Modelo	592.72	6	98.79	12.63	0.0141
	A-Tiempo	493.01	1	493.01	63.03	0.0014
	B-Tipo de Material	1.13	2	0.56	0.072	0.9316
Capacidad de adsorción (q)	Modelo	649.99	6	108.33	59.60	0.0007
	A-Tiempo	0.83	1	0.83	0.46	0.5360
	B-Tipo de Material	336.16	2	168.08	92.47	0.0004
Punto de Carga cero (PCC)	Modelo	2.21	6	0.37	2.31	0.2186
	A-Tiempo	0.22	1	0.22	1.38	0.3060
	B-Tipo de Material	1.66	2	0.83	5.21	0.0770

CONCLUSIONES

El uso de la biomasa del jacinto de agua representa una alternativa para la remoción de metales del agua, además algunas otras ventajas como el desazolve de cuerpos de agua y mejoramiento de la calidad de estos. Finalmente se estableció que la síntesis de la biomasa a hidrochar son apropiados para la remoción de Pb(II) además de ser un producto de bajo costo y alto valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhtar, N., Iqbal, J., & Iqbal, M. (2004). Enhancement of Lead(II) Biosorption by Microalgal Biomass Immobilized onto Loofa (*Luffa cylindrica*) Sponge. *Engineering In Life Sciences*, 4(2), 171-178.
- Barros, A., Prasad, S., Leite, V., & Souza, A. (2007). Biosorption of heavy metals in upflow sludge columns. *Bioresource Technology*, 98(7), 1418-1425.
- Schneider, I. A. H., & Rubio, J. (1999). Sorption of heavy metal ions by the nonliving biomass of freshwater macrophytes. *Environmental science & technology*, 33(13), 2213-2217