

Optimización de síntesis de materiales adsorbentes a partir de restos óseos de pez diablo para la remoción de Cadmio (II)

Synthesis optimization of adsorbent materials from devilfish bone remains for the removal of Cadmium (II)

Hilda G. Cisneros Ontiveros¹, Nahum A. Medellín Castillo², Marisol Castro Cárdenas² Geiler A. Acosta Doporto²

¹Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 8, C.P. 78260, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO; hilda.cisneros95@gmail.com;

²Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 8, C.P. 78260, San Luis Potosí, S.L.P., MÉXICO, nahum.medellin@uaslp.mx

Palabras Clave: Adsorción, Cadmio (II), Carbonizado de hueso, Pez Diablo y Superficie de respuesta.

Key words: Adsorption, Bone Char, Cadmium (II), Devilfish and Response surface

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la contaminación del agua ha tomado gran interés en la sociedad debido a las problemáticas asociadas con la salud humana. El cadmio no es biodegradable y viaja a través de la cadena alimentaria. En humanos, se han registrado náuseas y vómitos a niveles de 15 mg/L sin efectos adversos a 0.05 mg/L (De Zuane, 1990). El pez diablo (PD) es una especie invasora que ha afectado la Huasteca Potosina en los últimos 4 años, proviene del Amazonas en Sudamérica y su primer avistamiento en México fue en el año 1995 en la presa “El Infiernillo” (Guzmán & Barragán, 1997). Esta especie ha provocado una problemática ambiental y social debido a su capacidad de adaptación, su alta tasa de reproducción y características biológicas que le favorecen en el sitio de su establecimiento, han causado desplazamiento de especies nativas y ha disminuido el mercado de pescados con mayor comercialidad en la zona (Mendoza-Alfaro et al., 2007). El objetivo de este estudio es aprovechar los restos óseos de los PD como material adsorbente de contaminantes en agua.

METODOLOGÍA

En este estudio se emplearon peces de la laguna Marland del municipio de Ébano de San Luis Potosí los cuales fueron eviscerados y limpiados con soluciones acuosas de peróxido. La síntesis de carbonizados de hueso se propuso a partir de un diseño de experimental de superficie de respuesta D-Optimal, arrojado por el software Design Expert, con el cual se establecieron la síntesis de 13 experimentos en los cuales se varió la temperatura de 600 a

800 °C y el tiempo de 1 a 3 horas. El horno empleado para la síntesis fue un horno tubular marca Carbolite en una atmósfera limitada de oxígeno. Se midió la capacidad de adsorción (mg/g) de Cd²⁺ como variable de respuesta a partir de un balance de masa. A partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Ec. 2} \quad q = \frac{C_0V_0 - C_fV_f}{m}$$

Donde C₀ es la concentración inicial de Cd²⁺, C_f concentración final de Cd²⁺ (mg/L), V_f volumen final, V₀ el volumen inicial (L), y m la masa del material adsorbente (g). Las pruebas de adsorción de Cd²⁺ se realizaron en adsorbentes de lote con una concentración inicial de Cd²⁺ de 400 mg/L a un pH constante de 7.0 y 25 °C. La determinación de las concentraciones de Cd²⁺ en solución acuosa se cuantificó mediante espectroscopia de absorción atómica. El efecto del pH de la solución, a pH de 3, 5 y 7, sobre la capacidad de adsorción de Cd²⁺ se realizó con el material con mayor capacidad de adsorción en la prueba de material. El pH de la solución se monitoreó y se ajustó diariamente, adicionando soluciones 0.01 y 0.1 N de HNO₃ o NaOH, según fuese necesario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las capacidades de adsorción de Cd²⁺ a pH 7, T = 25 °C, C₀ = 400 mg/L y 0.1 g de adsorbente de los carbonizados de hueso (CH) sintetizados a las diferentes temperaturas y tiempos se compararon y los resultados se muestran en la Figura 1.

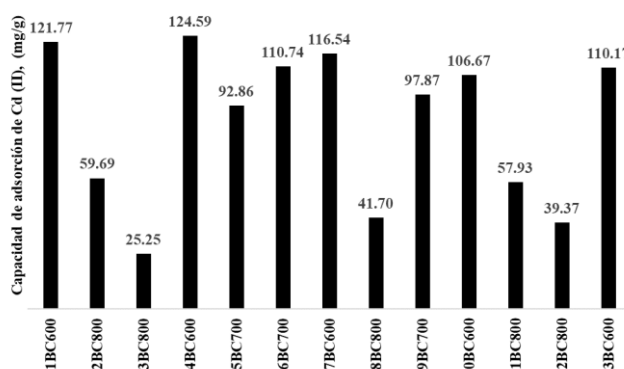


Fig. 1 Capacidad de adsorción de Cd²⁺ de los experimentos sintetizados de carbonizado de hueso de Pez Diablo.

Los resultados revelaron que a menor temperatura de síntesis se obtiene una mayor capacidad de adsorción de Cd²⁺ en el material adsorbente. Por otro lado, las capacidades de adsorción de Cd²⁺ variaron en el intervalo de 24.04 a 124.32 mg/g. La mayor capacidad de adsorción se encontró a una temperatura de 600 °C y un tiempo de calcinación 3 h (4BC600). Como se muestra en la Tabla 1, los resultados del ANOVA para las pruebas revelaron que la temperatura de síntesis es significativa sobre la capacidad de adsorción (p < 0.05) debido que la temperatura afecta directamente a la capacidad de adsorción independiente del tiempo. En la Figura 2 se muestra la superficie de respuesta D-Optimal con respecto a la capacidad de adsorción y las variables de síntesis.

Tabla 1. ANOVA para el modelo cuadrático de Superficie de respuesta D-Optimal para la capacidad de adsorción de Cd²⁺ sobre los carbonizados de hueso

Fuente	Suma de cuadrados	df	Promedio de Cuadrados	Valor F	Valor p	
					Prob > F	
Modelo	13937.76	5	2787.55	16.86	0.0009	Significativo
Temperatura (T)	12912.31	1	12912.31	78.11	< 0.0001	Significativo
Tiempo (t)	7.41	1	7.41	0.04	0.8384	No significativo
T*t	8.99	1	8.99	0.05	0.8223	No significativo
T ²	1003.02	1	1003.02	6.07	0.0433	Significativo
t ²	44.36	1	44.36	0.27	0.6204	No significativo
Falta de ajuste	185.64	3	61.88	0.25	0.8548	No significativo

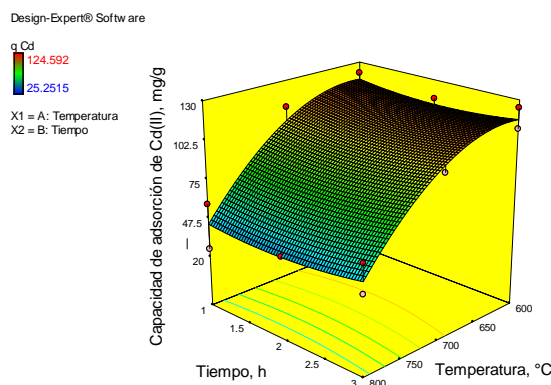


Fig. 2 Superficie de respuesta D- Optimal para la capacidad de adsorción de Cd²⁺.

La optimización de síntesis se realizó con el modelo arrojado por el software Design Expert a partir de los resultados del diseño de experimental, se calculó la capacidad de adsorción máxima ($q_{m\acute{a}x}$) de Cd²⁺ a partir de la ecuación siguiente:

$$\text{Ec 2.} \quad q_{m\acute{a}x} = 4.42 \cdot t^2 - 0.002 \cdot T^2 + 0.01 \cdot T \cdot t - 24.25 \cdot t + 2.56 \cdot T - 651.26$$

En la ecuación anterior la capacidad de adsorción, $q_{m\acute{a}x}$, (variable de respuesta) expresado en mg/g se presenta como una función cuadrática de las dos variables o factores experimentales, temperatura (°C) y tiempo (h). En la Tabla 2 se observan las condiciones óptimas de síntesis con ayuda del modelo arrojado por el software Design Expert se determinaron las condiciones bajo las cuales se alcanzan las máximas capacidades de adsorción de Cd²⁺, la temperatura de 612 °C y 1 h, todo a un valor inicial de pH de la solución acuosa de Cd²⁺ igual a 7.

Tabla 2 Optimización de la síntesis de carbonizado de hueso para la adsorción de Cd²⁺.

Experimental			Predicho			
Temperatura, °C	Tiempo, h	Capacidad de Adsorción, mg/g	Temperatura, °C	Tiempo, h	Capacidad de Adsorción, mg/g	%DE
600	3	124.32	612	1	117	5.9

Los datos experimentales fueron interpretados satisfactoriamente por los tres modelos de las isotermas, ya que las desviaciones porcentuales promedio fueron menores que 15.09, 16 y 12.15% para las isotermas de Prausnitz-Radke, Langmuir y Freundlich, respectivamente. Se puede observar en la Tabla 3 que la isoterma Freundlich ajustó mejor los datos experimentales.

Tabla 3. Parámetros de los modelos de las isotermas de adsorción de Langmuir, Freundlich y Prausnitz-Radke con 4BC600

pH	Langmuir			Freundlich			Prausnitz-Radke			
	q_m (mg/L)	K (Lmg)	%D	k ($\text{mg}^{1-1/n} \text{L}^{1/n}/\text{mg}$)	1/n	%D	a (L/g)	b (L/mg) ^β	β	%D
3	170.5	0.009	10.3	7.8	0.49	12.3	9.7	0.93	0.55	21.5
5	176.0	0.015	10.5	8.5	0.53	6.4	2.5	0.03	0.80	8.2
7	212.2	0.020	21.5	24.1	0.37	11.8	13.1	0.32	0.71	18.0

En la Figura 3 se observa el efecto de pH en el carbonizado de hueso 4BC600 para adsorber Cd^{2+} en solución a 25°C. Revelando que a pH 7 se obtiene una mayor capacidad de adsorción sobre el carbonizado.

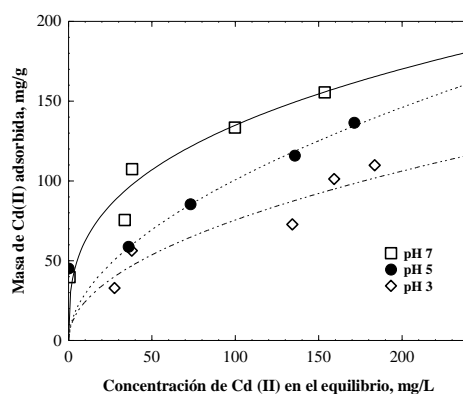


Fig. 3 Efecto de pH en la capacidad de adsorción de Cd^{2+} en 4BC600

CONCLUSIÓN

Finalmente, se concluye que los carbonizados de hueso de pez diablo son una alternativa para la remoción de Cadmio (II) del agua. Y que las condiciones óptimas para sintetizar el Carbonizado de Hueso son a una temperatura de 612 °C y un tiempo de 1 hora.

BIBLIOGRAFÍA

De Zuane J., 1990 Manual de normas y controles de calidad del agua potable, Van Nostrand Reinhold, Nueva York, págs. 64–69

Guzmán A. F. y S. J. Barragán. 1997. Presencia de bagres sudamericanos (Osteichthyes: Loricariidae) en el río Mezcala, Guerrero, México. Vertebrata Mexicana, págs. 1 - 4.

Mendoza-Alfaro, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P., Aguilar, V., 2007. Los peces diablo. Biodiversitas Boletín de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Vol. 70, págs..1-5.