

Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2020

El libro online con ISSN
1946-5351, Volumen 12, No. 8, 2020

Celaya, Guanajuato, México
Noviembre 4, 5, y 6 de 2020
www.AcademiaJournals.com



ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

REMOCIÓN DE CEFEPIME EN MEDIO ACUOSO CON ALUMINO-SILICATOS MODIFICADOS

Zaira Magnolia Rivera-Pérez¹, Jonatan Torres-Pérez², Yobanny Reyes-López³

Resumen— El cefepime es un antibiótico detectado en medio acuoso causante de multiresistencia bacteriana. De ahí la importancia de encontrar materiales que ayuden a su remoción. El uso de aluminosilicatos (AlSi) modificados puede ayudar al proceso de sorción. El objetivo del trabajo fue modificar un aluminio silicato (AlSi) con un surfactante catiónico y evaluar el proceso de sorción de cefepime sobre el mismo. Se utilizó un sistema batch mediante el contacto de 50 ppm de cefepime con los materiales modificados. Se aplicaron modelos cinéticos de primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich para la determinación de los parámetros cinéticos. El material AlSi01 presentó una capacidad máxima de sorción de 2.15 mg/g para AlSi01 y 12.69 mg/g para AlSi06. Los datos presentaron ajuste al modelo de Elovich para AlSi01 y para Pseudo-segundo orden para AlSi06. En conclusión, se demostró que la remoción de cefepime por AlSi es una alternativa en el tratamiento avanzado de aguas contaminadas.

Palabras clave—Alumino silicatos, cefepime, sorción, contaminantes emergentes.

Introducción

La alta concentración de compuestos farmacéuticos provenientes de la industria farmacéutica y desechos domésticos está relacionada con el ingreso de estos contaminantes emergentes a los reservorios de aguas naturales donde son acumulados (Cárdenas et al., 2017). Entre los productos farmacéuticos encontrados en los cuerpos de agua se encuentran los antibióticos; generalmente estos compuestos se metabolizan parcialmente por los organismos. Estos desechos pueden acelerar el desarrollo de multiresistencia antibiótica en bacterias (Zhang et al., 2009). Los productos farmacéuticos no pueden ser removidos por métodos convencionales en plantas de tratamiento de aguas residuales (Brillas, 2014). Como alternativa se han estudiado otros procesos para la eliminación de este tipo de compuestos del agua; tal es el caso de la utilización de adsorbentes de bajo costo (*low cost*) que están definidos como materiales que requieren poco procesamiento, son abundantes o pueden ser también materiales de desechos (Rafatullah et al., 2010).

Investigaciones previas han propuesto la utilización de diferentes materiales como los aluminio-silicatos como buenos candidatos para remoción de antibióticos. Estos materiales presentan una estructura de microporos, redes tridimensionales interconectadas y capacidad de intercambio iónico superficial. Además, la superficie de estos adsorbentes puede ser modificada por diferentes reactivos y ser usada para remoción de antibióticos (Mahmoodi & Saffar-Dastgerdi, 2019). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el proceso de sorción del antibiótico cefepime en medio acuoso usando aluminio-silicatos modificados (AlSi01 y AlSi06) proveniente del estado de Chihuahua.

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 de Transferencia y Degradación de Contaminantes (LTDC) y el Laboratorio de Materiales Híbridos Nanoestructurados (LMHN). Los aluminio-silicatos naturales (Al-SiN) que se utilizaron fueron obtenidos del municipio de Santa Isabel, ubicado al sur del estado de Chihuahua.

Se procesaron partículas de entre 0.5 a 1.0 mm para obtener Al-SiN y posteriormente modificarlo con HDTMA-Br a 0.6 M (AlSi06) y otro modificarlo con 0.1 M de HDTMA-Br (AlSi01) colocando 0.25 g de los

¹ La Lic. en Biología Zaira M. Rivera Pérez es estudiante del Programa de Maestría en Ciencias Químico Biológicas del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. al194623@alumnos.uacj.mx (**autor correspondiente**)

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 El Dr. Simón Yobanny Reyes López es Profesor-Investigador de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. simon.reyes@uacj.mx

materiales adsorbentes en reactores de sorción de 250 mL de una solución de 50 ppm de Cefepime todo esto por triplicado (Torres-Pérez et al., 2007).

Posteriormente, de cada una de las soluciones se tomó 2 mL con una micropipeta (Labmate pro®, mod. 121958), analizando el máximo de absorción (barrido) a 296 nm en un equipo espectrofotométrico UV/ Visible (Jenwey®, mod. 7315) y se mantuvieron en agitación constante sobre un orbital de placa (Barnstead Lab-Line® mod. MaxQ 2000 Shaker) a 150 rpm. Se analizó la absorbancia de cada una de las muestras a partir de la hora 0 (cero) hasta la 8va hora, tomando alícuotas de 2 mL. Pasadas las 8 horas de análisis, las muestras se tomaron cada 24 h, durante un periodo de 8 días.

Los datos experimentales se ajustaron a ecuaciones de modelos cinéticos utilizando el programa Statistica 7.0. El análisis de datos se realizó mediante la aplicación de modelos no lineales. Los modelos que se realizaron corresponden a las cinéticas de primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron que se alcanzó una remoción de 5 % para el AlSi01 y 3% para AlSi06 en un lapso de 8 horas a partir de una solución con concentración inicial de 50 ppm. En la Figura 1 y 2 se presenta la cinética de sorción de cefepime sobre AlSi01 y AlSi06 respectivamente.

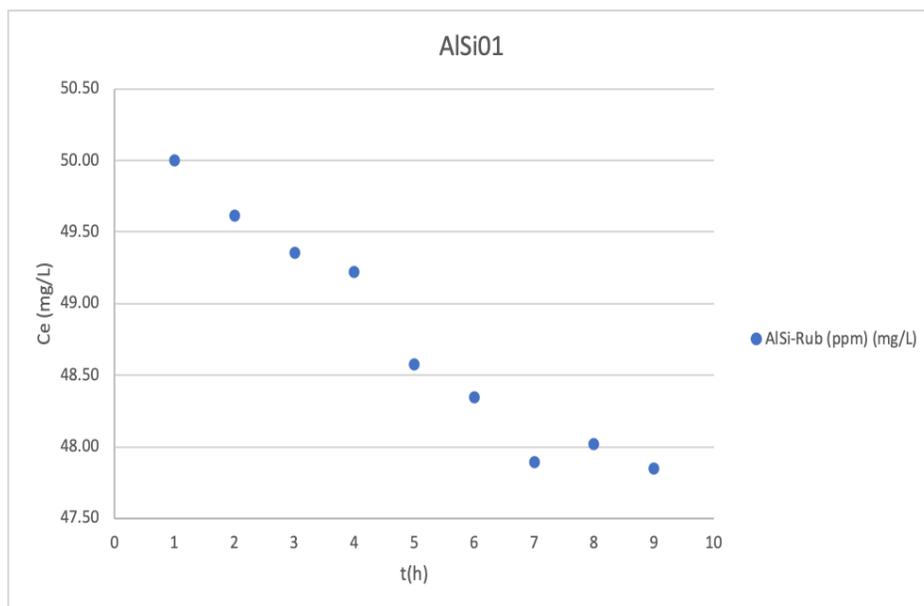


Figura 1. Cinética de sorción de cefepime sobre AlSi01

Los datos cinéticos se ajustaron a modelos de primer y pseudo-segundo orden y Elovich, siendo el modelo de primer orden el que describió de mejor manera el proceso de sorción de Cefepime sobre AlSi01 ($R=0.9817$).

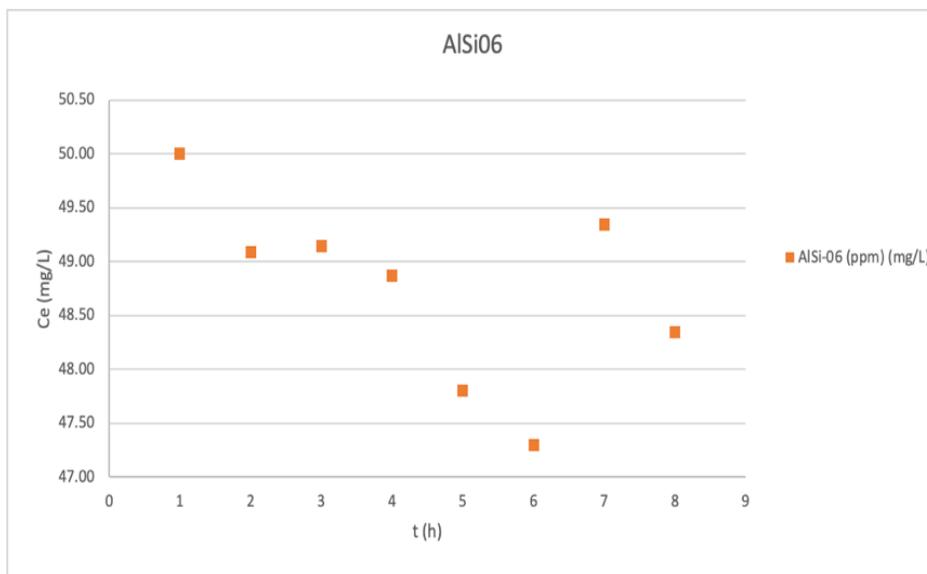


Figura 2. Cinética de sorción de cefepime sobre AlSi06

En el Cuadro 1 se muestran los parámetros cinéticos obtenidos después de la aplicación de los modelos de primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich a los datos experimentales del proceso de sorción de cefepime sobre los Aluminio-silicatos modificados.

Cuadro 1. Parámetros cinéticos de los modelos cinéticos aplicados al proceso de sorción de cefepime.

Material	Modelo cinético	Ecuación	K	R
AlSi01	Primer orden	$qt=2.15316*(1-\exp(-(0.269176)*x))$	0.2692	0.9514
	Pseudo-segundo orden	$t/qt=(1/15178e2*(2.153316)^2)+(t/2.153316)$	15178e2	0
	Elovich	$qt=(1/(0.1168021))*(\log_{10}(1+(0.90777)*(0.116802)*x))$	0	0.9817
AlSi06	Primer orden	$qt=2.697998*(1-\exp(-(0.233057)*x))$	0.2331	0.7055
	Pseudo-segundo orden	$t/qt=(1/6.38397*(2.697998)^2)+(t/2.697998)$	6.3840	0.8182
	Elovich	$qt=(1/(0.843632))*(\log_{10}(1+(6.2097)*(0.84362)*x))$	0	0.7580

El modelo cinético de primer orden también se conoce como modelo Lagergren se ha utilizado para interpretar la tasa de adsorción de compuestos orgánicos en diferentes adsorbentes (Ocampo-Pérez et al., 2012). Para el material AlSi01 la velocidad de adsorción conocida como K fue de 0.2691, mostrando que este material tiene mayor velocidad de adsorción en un tiempo determinado en comparación con AlSi06 (K=0.2330). De igual manera los coeficientes de correlación R para este modelo se ajusta con 95% para AlSi01 y 70% para AlSi06.

En el modelo cinético de pseudo-segundo orden proporciona información sobre la capacidad de sorción (q_e) y se puede obtener de la pendiente de la gráfica lineal. Este modelo se ha utilizado ampliamente para describir los datos cinéticos de varios sistemas en los que el soluto pasa de un medio acuoso a una fase sólida (Herrera-García et al., 2020; Ho, Y.S. and McKay, 1999). Para este caso, para el material AlSi01 no se ajustó a este modelo, sin embargo para el material AlSi06 tuvo una correlación de 81%, lo cual indica que este material tiene un comportamiento basado en la suposición de que puede ser quimiadsorción en donde se involucre fuerzas valencia a través del intercambio de electrones entre sorbente y sorbato (Ho, Y.S. and McKay, 1999).

La ecuación de Elovich, se satisface en procesos de adsorción química y es adecuado para sistemas con superficies de adsorción heterogéneas (Wu et al., 2009). Las curvas características de la cinética de adsorción por la ecuación de Elovich fueron estudiadas por medio de su parámetro de aproximación (R), lo cual infiere que el material AlSi01 con una $R=0.9817$ posee una quimiadsorción en las primeras 8 horas del ensayo con una curva de incremento medio, de igual forma, pero en menor proporción AlSi06 presentó una $R=0.7580$ con una curva de incremento lento. Para sistemas de adsorción descritos adecuadamente por ecuación Elovich es importante determinar un tiempo de funcionamiento eficiente de adsorción en la práctica de la ingeniería (Wu et al., 2009).

Comentarios Finales

Resumen de resultados

El AlSi01 tienen mayor velocidad de adsorción en un tiempo determinado en comparación con AlSi06 esto se puede deducir en base al ajuste de la ecuación de primer orden. Sin embargo AlSi06 tuvo una correlación de 81% al modelo de pseudo-segundo orden, lo cual indica que este material tiene un comportamiento de sorción que involucre fuerzas de valencias entre sorbente y sorbato.

El modelo de Elovich infiere que el material AlSi01 con una $R=0.9817$ posee una quimiadsorción en las primeras 8 horas del ensayo con una curva de incremento medio, de igual forma pero en menor proporción AlSi06 presentó una $R=0.7580$ con una curva de incremento lento.

Conclusiones

Se concluyó que los aluminio-silicatos modificados con HDTMA-Br a 0.1 M son un material alternativo, económico y viable para la remoción de antibióticos betalactámicos como el cefepime de medio acuoso.

Para los sistemas de adsorción descritos anteriormente, es importante determinar un tiempo de funcionamiento eficiente en los que se pueda determinar las constantes del tiempo de adsorción en la práctica de la ingeniería y los factores que puedan intervenir para el mejoramiento de los mismos.

Recomendaciones

Algunas sugerencias para futuras investigaciones podría ser la utilización de diferentes concentraciones de antibióticos y condiciones experimentales para mejorar la velocidad y la capacidad de adsorción sobre aluminio silicatos. De igual manera, la modificación superficial con otros agentes, como el uso de nanopartículas metálicas podría favorecer el proceso de adsorción y contribuir al aumento del espectro bactericida en sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales.

Referencias

- Brillas, E. (2014). A review on the degradation of organic pollutants in waters by UV photoelectro-fenton and solar photoelectro-fenton. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 25(3), 393–417. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130257>
- Cárdenas, O., Navarro, L., Loeza, P., Del Río, O., & Jiménez, R. (2017). Perfiles de resistencia a antibióticos y metales pesados en *Pseudomonas aeruginosa* potencialmente patógenas aisladas de agua de uso agrícola Antibiotic and heavy metal resistance profiles in potentially pathogenic *Pseudom.* *Revista Electrónica Nova Scientia*, 9, 97–112.
- Herrera-García, S., Aguirre-Ramírez, M., & Torres-Pérez, J. (2020). Comparison between Allura Red dye discoloration by activated carbon and azo bacteria strain. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(23), 29688–29696. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09584-5>
- Ho, Y.S. and McKay, G. (1999). Pseudo-Second Order Model for Sorption Processes. *Process Biochemistry*, 34(5), 451–465. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(98\)00112-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-9592(98)00112-5)
- Mahmoodi, N. M., & Saffar-Dastgerdi, M. H. (2019). Zeolite nanoparticle as a superior adsorbent with high capacity: Synthesis, surface modification and pollutant adsorption ability from wastewater. *Microchemical Journal*, 145, 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.10.018>
- Ocampo-Pérez, R., Rivera-Utrilla, J., Gómez-Pacheco, C., Sánchez-Polo, M., & López-Peñalver, J. J. (2012). Kinetic study of tetracycline adsorption on sludge-derived adsorbents in aqueous phase. *Chemical Engineering Journal*, 213, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.09.072>
- Rafatullah, M., Sulaiman, O., Hashim, R., & Ahmad, A. (2010). Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 177(1–3), 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.12.047>
- Torres-Pérez, J., Solache-Ríos, M., & Olguín, M. T. (2007). Sorption of azo dyes onto a Mexican surfactant-modified clinoptilolite-rich tuff. *Separation Science and Technology*, 42(2), 299–318. <https://doi.org/10.1080/01496390601069879>
- Wu, F. C., Tseng, R. L., & Juang, R. S. (2009). Characteristics of Elovich equation used for the analysis of adsorption kinetics in dye-chitosan systems. *Chemical Engineering Journal*, 150(2–3), 366–373. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.01.014>
- Zhang, X. X., Zhang, T., & Fang, H. H. P. (2009). Antibiotic resistance genes in water environment. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 82(3), 397–414. <https://doi.org/10.1007/s00253-008-1829-z>

Notas Biográficas

La **Biol. Zaira M. Rivera Pérez** es egresada del programa de Biología de la *Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X)* y actualmente es estudiante del programa de Maestría en Ciencias Química-Biológicas 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.

El **Dr. Simón Yobanny Reyes López** es Profesor-Investigador de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Terminó sus estudios de doctorado en la *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México*. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.