



Artículos del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Celaya 2021



Congreso Internacional de Investigación Academia Journals

ISSN

ISSN 1946-5351 online
No. 13, 2021*

*El número 1 fue utilizado en 2009. Cada año siguiente ha recibido el número secuencial.

ISSN asignado a Academia Journals por el U.S. ISSN Center, una rama de la Biblioteca del Congreso de Estados Unidos. Varios portales independientes proporcionan servicios de verificación de la asignación de un ISSN a una publicación periódica. Entre los más utilizados se encuentran los siguientes: WORLDCAT:
<https://www.worldcat.org/account/?page=searchItems>

Consejo académico

Dr. Rafael Moras (San Antonio, EEUU)
MA Ani Alegre (Austin, EEUU)
Dr. Ángel Esparza (Houston, EEUU)
Lic. David Moras (San Antonio)
MC Constantino Moras Sánchez (Orizaba, México)
Dr. Eloy Mendoza Machain (Morelia, México)
Dr. Pedro López Eiroá (CDMX, México)
Ing. Mónica Gutiérrez (San Antonio, EEUU)

Diseño y publicidad

contacto@academiajournals.com

Comentarios y sugerencias

contacto@academiajournals.com
+1 (210) 415-3353
3760 E. Evans
San Antonio TX 78259 USA
www.academiajournals.com

Política de copyright

Con el fin de maximizar el valor para los autores de sus publicaciones en AJ, se observan las políticas de copyright aquí descritas. Academia Journals protegerá los intereses de los autores y de las instituciones donde ellos laboran. Como requisito para publicar en AJ, todos los autores y la institución donde ellos laboran transfieren a AJ cualquier derecho de copyright que tengan en su artículo. El copyright se transmite cuando el artículo es aceptado para su publicación. La asignación de copyright es nula y terminada en caso de que el artículo no sea aceptado para publicación.

Para corresponder a la transferencia de los derechos de autor, AJ cede a los autores y a las instituciones donde ellos laboran el permiso y derecho de hacer copias del artículo publicado y utilizarlo para fines académicos. El autor retiene siempre los derechos de patentes descritas en el artículo.

Después de que el artículo haya sido aceptado para su publicación en AJ, y dado que el copyright ha sido ya transferido, cualquier cambio o revisión al material debe hacerse solamente con la autorización de AJ.

Indexación

Desde 2015, los trabajos presentados en el congreso cuentan con indexación por la compañía EBSCO (EBSCOHOST) de Ipswich, Massachusetts, Estados Unidos. Para la verificación de los títulos indexados por este importante servicio de databases, consultar los enlaces

<https://www.ebscohost.com/academic/fuente-academica-plus>,
<https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.htm> o
<https://www.ebscohost.com/titleLists/fap-subject.pdf>

Remoción de Ciprofloxacino con un Medicamento Caduco a base de Carbón Activado

Jonatan Torres-Pérez¹, Viviana Santiago-Pérez², Alba Yadira Corral-Avitia³, Katya Aimée Carrasco-Urrutia⁴,
Mónica Galicia-García⁵

Resumen—La contaminación de cuerpos de agua con productos farmacéuticos es un problema ambiental de interés actual debido a los daños que estas moléculas ocasionan al ambiente. La eliminación de las moléculas farmacéuticas y en especial de antibióticos por medio de procesos de adsorción es una tecnología de tratamiento avanzado de aguas residuales que ha resultado ser efectiva, económica y con buenos resultados. El objetivo del presente trabajo fue revalorizar un medicamento caduco a base de carbón activado para evaluar el proceso de sorción de ciprofloxacino (CPX) en medio acuoso. El procedimiento experimental se realizó en lote con reactores de polietileno (Co=50 mg/L). El medicamento caduco mostró poseer una capacidad máxima de sorción de 48.3 mg/g después de 144 h de contacto. Los datos obtenidos del proceso de sorción se ajustaron de mejor manera al modelo cinético de pseudo-segundo orden y Elovich. Con lo anterior, se concluyó que existe la posibilidad de reutilizar este tipo de medicamentos caducos en procesos de tratamiento avanzado de aguas contaminadas con antibióticos utilizando un residuo con aplicaciones ambientales.

Palabras clave— antibiótico, sorción, tratamiento avanzado de agua.

Introducción

La relevancia que los medicamentos tienen para la salud de la población depende de ciertas características como: buena calidad, accesibilidad y el uso adecuado. Sin embargo, la mitad de los medicamentos se consumen y se disponen de forma inadecuada (Dresler et al., 2008). Por lo tanto, no se considera que después de su uso, el medicamento termine en el ambiente después ser excretado, donde cierta cantidad del principio activo y sus productos de degradación (metabolitos) terminan en las plantas de tratamientos de aguas residuales. Los fármacos encontrados con una mayor frecuencia en los efluentes de plantas de tratamiento son: antibióticos, antiácidos, esteroides, antidepresivos, analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos y β -bloqueantes (Prado, 2010). Estos fármacos terminan en las aguas superficiales y subterráneas de muchos países. Los fármacos que entran dentro de la clasificación como contaminantes emergentes y que son de importancia para México en función de su volúmenes de uso, interés toxicológico, mecanismo de acción y relevancia para la salud pública son: ketoprofeno, dexametasona, metoprolol, ciprofloxacino, carbamazepina y sulfametoxazol (Lucila et al., 2015). El ciprofloxacino es un antibiótico el cual pertenece a la familia de las fluoroquinolonas y se usa globalmente para el tratamiento de varias infecciones bacterianas en humanos y animales (Bhandari et al., 2008).

Las aguas residuales de la industria farmacéutica y los hospitales son especialmente preocupantes debido a los niveles muy altos de contaminación de ciprofloxacino, hasta 31 mg/L (Golet et al., 2003). Por lo tanto, es importante desarrollar métodos ambiental y económicamente sostenibles para la eliminación de ciprofloxacino en la fase acuosa a fin de prevenir los riesgos para la salud pública asociados con el desarrollo de resistencia a los antibióticos en el medio ambiente. Se considera un peligro ambiental, ya que puede desarrollar resistencia a los antibióticos en bacterias (Wang et al., 2020).

La principal fuente de contaminantes emergentes son las aguas residuales (provenientes de un abastecimiento contaminado y/o modificado por actividades, ya sea doméstica, industrial o comunitaria) que no reciben ningún tratamiento y los efluentes de plantas tratadoras de aguas (se refiere a la salida de cualquier sistema que despacha flujos de líquidos, sólidos o desperdicios), donde no están elaboradas para tratar este tipo de sustancias químicas, por lo que una alta concentración de compuestos y sus metabolitos no sufren ningún cambio y entran con una gran cantidad

¹ 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 (autor corresponsal)

² La E. en Q.F.B. es estudiante del programa de Químico Farmacéutico Biólogo del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. al151635@alumnos.uacj.mx

³ La Dra. Alba Yadira Corral-Avitia es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. acorral@uacj.mx

⁴ La Dra. Katya Aimée Carrasco-Urrutia es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. kcarrasc@uacj.mx

⁵ La Dra. Mónica Galicia-García es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. monica.galicia@uacj.mx

de toxicidad al medio acuático, acuífero, entre otros (Dougherty et al., 2010). A lo largo del tiempo las plantas de tratamiento de aguas residuales han sido diseñada para la eliminación de materia orgánica y diferentes tipos de contaminantes. Sin embargo, no poseen una amplia gama de propiedades químicas y requieren de tratamientos avanzados para una segura incorporación de las aguas residuales al medio ambiente (García-Gómez et al., 2011).

Uno de los métodos fisicoquímicos importantes en la remoción de contaminantes orgánicos se encuentra el método de adsorción. Este proceso se considera un tratamiento terciario, y, por ende, se aplica al final de los tratamientos secundarios (Prado, 2010). La cual se define como un fenómeno superficial que incluye la acumulación o concentración de moléculas en fase líquida o gas sobre la superficie o interfase de sólido. La molécula la cual se fija en el sólido (superficie) se conoce como soluto o adsorbato, mientras que al sólido se le designa como adsorbente (Cooney, 1998).

Los carbones activados han sido los adsorbentes más ampliamente utilizados debido a su excelente capacidad para adsorber sustancias orgánicas e inorgánicas (Sánchez et al., 2013). El carbón activado es un material carbonoso, microcristalino, preparado por carbonización de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, el cual se ha sometido a un proceso de activación con gases oxidantes, o bien a un tratamiento con adición de productos químicos, con el fin de ampliar su porosidad y desarrollar su superficie interna, la cual se le atribuye su alta capacidad adsorbente (Martínez, 2018). Además, el uso del carbón activado para la eliminación de fármacos no genera productos que puedan resultar tóxicos o farmacológicamente activos (Teng, 1998). Esta investigación plantea un método eficiente y económico para la eliminación de ciprofloxacino en medios acuoso mediante la reutilización de un medicamento caduco a base de carbón activado.

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 Ciencias Ambientales y en el Laboratorio de transferencia y degradación de contaminantes.

Obtención de los materiales adsorbentes alternativos

Para la obtención del medicamento caduco a base de carbón activado, se emplearon masas establecidas de un fármaco caduco a base de carbón activado y se trituraron con un mortero hasta obtener un polvo fino.

Cinéticas de sorción

Se preparó 1 L de solución de 500 ppm de ciprofloxacino en agua destilada, disolviendo 500 mg de ciprofloxacino con agua destilada en un matraz aforado con de 1 L. De esta solución se tomaron 3 alícuotas de 250 mL y se colocaron en tres reactores de polietileno con tapa herméticos. Los recipientes se rotularon de la siguiente manera: A, B y C. Enseguida, con una probeta de 50 mL se tomaron 25 mL del reactor A y se colocaron en un matraz aforado con capacidad de 250 mL con agua destilada para obtener la concentración requerida. Enseguida, se colocaron 5 tabletas del medicamento a base de carbón activado de 250 mg cada una en un mortero y se trituraron pulverización total. Después se pesaron en una balanza (OHAUS, mod. PA224) 0.25 g de carbón activado y se añadieron en cada uno de los frascos etiquetado en agitación constante a 125 rpm.

Utilizando una micropipeta, se tomaron alícuotas de 2 mL de cada solución contenida en los reactores cada hora durante 8 h y posteriormente cada 24 h hasta alcanzar el equilibrio de sorción. Se colocaron dichas alícuotas en celdillas para espectrofotómetro y se determinó la concentración de ciprofloxacino en un espectrofotómetro UV (Jenway, mod, 7315) a una longitud de onda de 316 nm. Los datos experimentales se ajustaron a modelos cinéticos de primer orden, pseudo segundo orden y Elovich para la obtención de los parámetros cinéticos de sorción. El ajuste a dichas ecuaciones se realizó con ayuda de un programa computacional por medio de regresiones no lineales por el método de mínimos cuadrados utilizando el método de Levenberg – Marquardt.

Resultados y discusión

En las Figura 1 se muestra la cinética de sorción del antibiótico CPX sobre el material adsorbente (M-AC), así mismo se puede observar el tiempo máximo de adsorción en el cual se alcanza el equilibrio, el cual fue de aproximadamente 96 h.

En cuanto a la remoción del antibiótico, ésta disminuyó hasta 1.7 mg/L; siendo un total de 97 % de eliminación del contaminante.

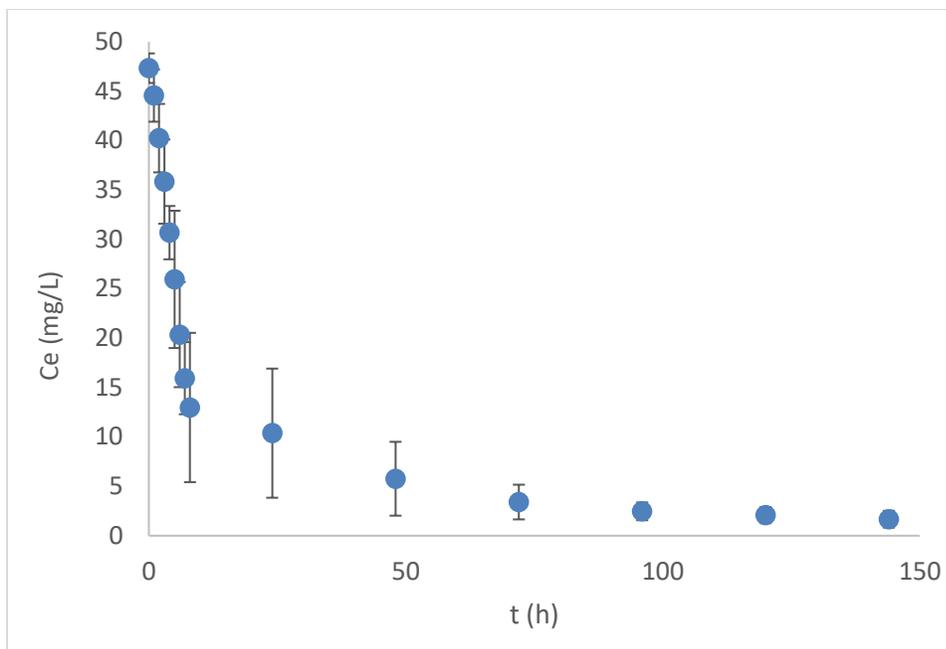


Figura 1. Cinética de sorción de ciprofloxacino (CPX) sobre el medicamento caduco a base de carbón activado (M-AC)

En la Figura 2 se observa el ajuste de los datos experimentales al modelo cinético de pseudo-primer orden; donde el ajuste al mismo fue aceptable ($R=0.9846$), lo anterior es indicativo que el proceso de sorción se da sobre una superficie homogénea en cuanto a los sitios de sorción (Vadivelan y Kumar, 2005).

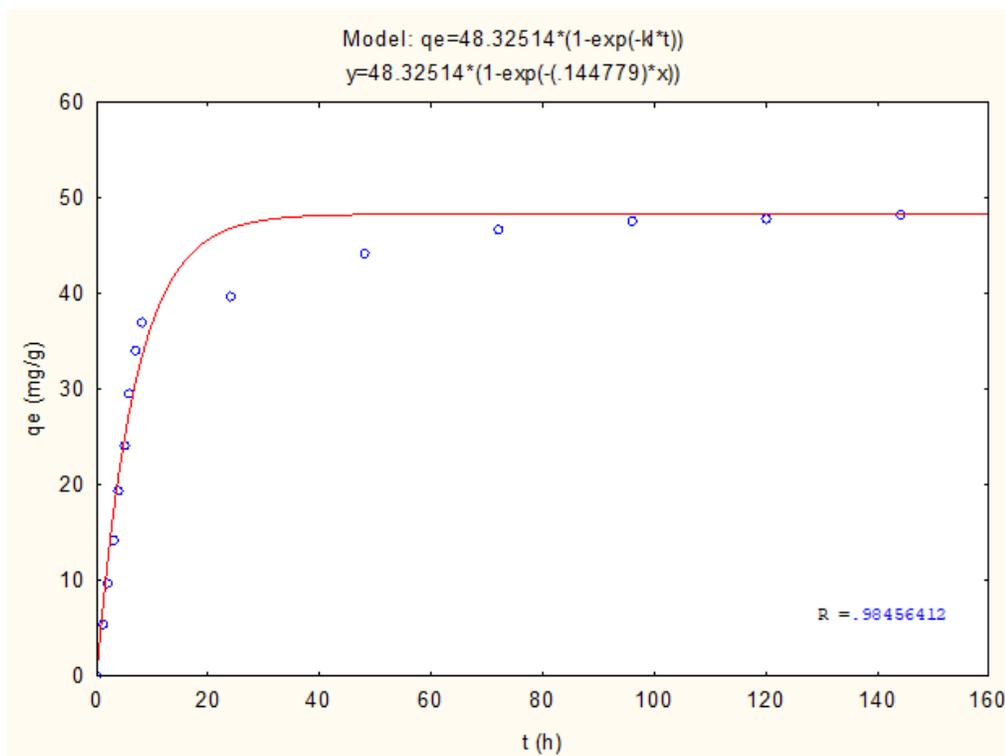


Figura 2. Modelo cinético de pseudo-primer orden ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de CPX sobre M-AC.

El ajuste de los datos experimentales al modelo cinético de pseudo-segundo orden mostró el mejor ajuste ($R=0.9983$) (Figura 3); con ello se presume que el proceso de sorción de da me manera preferente sobre una superficie con una distribución heterogénea de poros.

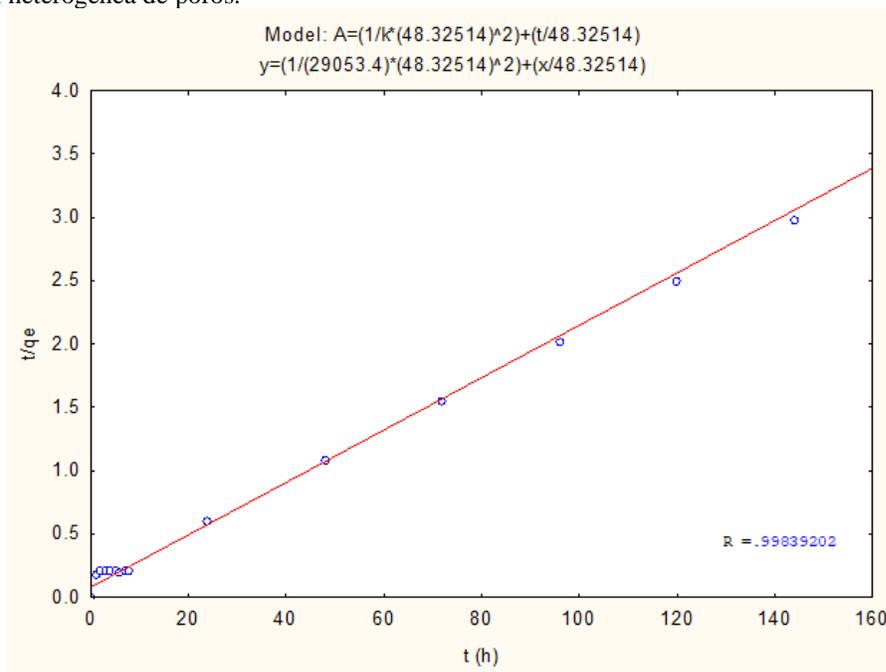


Figura 3. Modelo cinético de pseudo-segundo orden ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de CPX sobre M-AC.

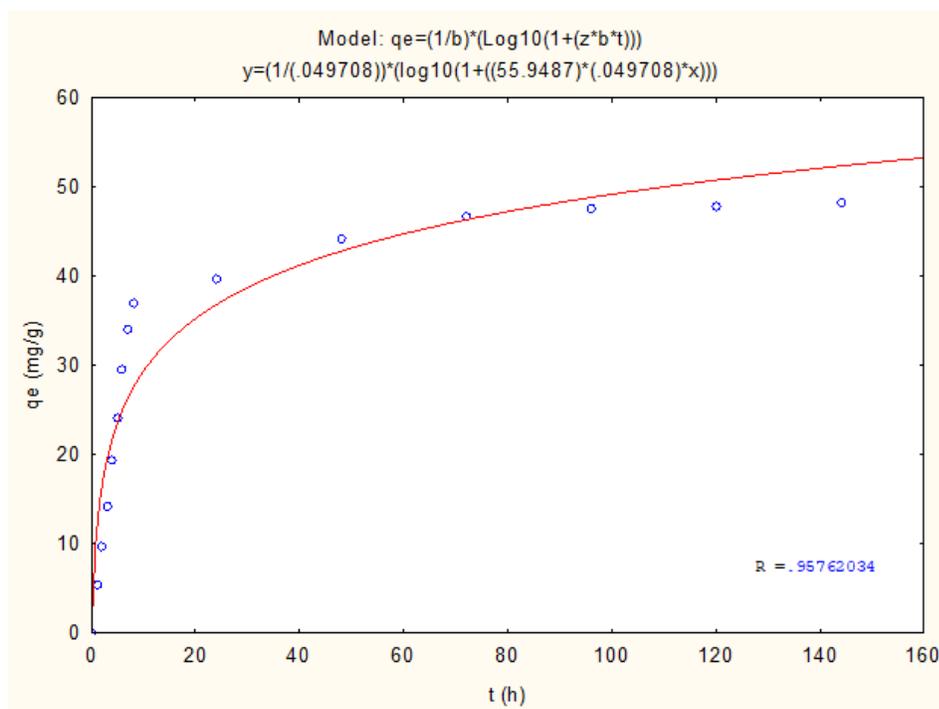


Figura 4. Modelo cinético de Elovich ajustado a los datos experimentales del proceso de adsorción de CPX sobre M-AC.

En la Figura 3 se observa el ajuste de los datos experimentales al modelo cinético de Elovich. Los coeficientes de correlación obtenidos para los materiales fueron altos y al ajustarse a dicho modelo se sugiere que el proceso de sorción se lleva a cabo por adsorción química.

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 ciprofloxacino sobre el medicamento caduco a base de carbón activado (M-AC).

Material	Modelo cinético	q_e (mg/g)	Constante de adsorción	R
	Pseudo-primero orden		$k = 0.1448$	0.9846
M-AC	Pseudo-segundo orden	48.32514	$k = 29053.04$	0.9984
	Elovich		$a = 55.948$ $b = 0.0497$	0.9576

Cuadro 1. Parámetros cinéticos de los modelos cinéticos aplicados al proceso de sorción de CPX sobre M-AC

El modelo de Elovich presentó un valor de R importante (superiores a 0.99), con lo cual se podría sugerir que la superficie de los materiales es homogénea y que adsorben CPX por quimisorción. Así mismo, el valor de la constante de sorción ($a=55.948$) es mayor que la constante de desorción ($b=0.0497$); indicativo de que el proceso de remoción es favorable.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

Se preparó un material adsorbente a base de un medicamento caduco con carbón activado (M-AC) como ingrediente principal.

El experimento de cinética de sorción demostró que el M-AC alcanzó el equilibrio de sorción a partir de 96 h de tiempo de contacto.

Así mismo, se demostró que el material alternativo usado (M-AC) poseyó una capacidad máxima de sorción de CPX de $q_e=48.3$ mg/g.

Después de aplicación de los modelos cinéticos de sorción se concluyó que el proceso se llevó a cabo sobre una superficie heterogénea y con energía diferente en los sitios de sorción de los materiales; ya que los datos fueron descritos de mejor manera por los modelos de pseudo-segundo orden y Elovich.

Conclusiones

Un medicamento caduco a base carbón activado (M-AC) es un material alternativo eficaz y con gran potencial para la eliminación de ciprofloxacino presente aguas contaminadas; situándolo con un potencial importante en el área de procesos avanzados de tratamiento de aguas contaminadas con contaminantes emergentes como antibióticos (CPX).

Recomendaciones

Se recomienda evaluar el efecto del valor de pH así como de la temperatura en el proceso de sorción para establecer las condiciones óptimas del proceso de sorción de CPX sobre este tipo de materiales alternativos.

Referencias

- Bhandari, A., Close, L. I., Kim, W., Hunter, R. P., Koch, D. E., & Surampalli, R. Y. (2008). Occurrence of ciprofloxacin, sulfamethoxazole, and azithromycin in municipal wastewater treatment plants. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management*, 12(4), 275-281.
- Cooney, D. O. (1998). *Adsorption design for wastewater treatment*. CRC press.
- Dougherty, J. A., Swarzenski, P. W., Dinicola, R. S., & Reinhard, M. (2010). Occurrence of Herbicides and Pharmaceutical and Personal Care Products in Surface Water and Groundwater around Liberty Bay, Puget Sound, Washington. *Journal of Environmental Quality*, 39(4), 1173–1180. <https://doi.org/10.2134/jeq2009.0189>
- Dresler, A., Wirtz, V. J., Corbett, K. K., & Echániz, G. (2008). Uso de antibióticos en México: Revisión de problemas y políticas. *Salud Publica de Mexico*, 50(SUPPL. 4).
- García-Gómez, C., Gortáres-Moroyoqui, P., & Drogui, P. (2011). Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción Emerging contaminants : effects and removal treatments. *Revista Química Viva*, 10, 96–105.
- Golet, E., Xifra, I., Siegrist, H., Alder, A., & Giger, W. (2003). Environmental exposure assessment of fluoroquinolone antibacterial agents from sewage to soil. *Environmental Science & Technology*, 37(15), 3243–3249.
- Lucila, I., María, I., & Argelia, M. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 46(3), 16–40.
- Bisetti Martínez, C. F. (2018). Evaluación del rendimiento de removedores de antibióticos en urocultivos de pacientes en tratamiento con ciprofloxacino.
- Prado, G. (2010). Tratamiento de aguas para la eliminación de antibióticos- Nitroimidazoles mediante adsorción sobre Carbón Activado y Tecnologías Avanzadas de Oxidación. Universidad de Granada.
- Sánchez, K., Colina, G., Pire, M., Díaz, A., & Carrasquero, S. (2013). Capacidad de adsorción del carbón activado sobre cromo total proveniente de los desechos de tenerías. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 36(1), 45-52.
- Teng, H., Yeh, T. S., & Hsu, L. Y. (1998). Preparation of activated carbon from bituminous coal with phosphoric acid activation. *Carbon*, 36(9), 1387-1395.
- Vadivelan, V., & Kumar, K. V. 2005. Equilibrium, kinetics, mechanism, and process design for the sorption of methylene blue onto rice husk. *Journal of colloid and interface science*, 286(1), 90-100.
- Wang, Y., Nie, Q., Huang, B., Cheng, H., Wang, L., & He, Q. (2020). Removal of ciprofloxacin as an emerging pollutant: A novel application for bauxite residue reuse. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120049. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120049>

Notas Biográficas

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.

La **E. Lic. en Q.F.B. Viviana Santiago-Pérez** es estudiante del programa de Químico Farmacéutico Biólogo del Instituto de Ciencias Biomédicas de la *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua, México*.

La **Dra. Katya Aimée Carrasco-Urrutia**, es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales

La **Dra. Alba Yadira Corral-Avitia**, es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

La **Dra. Mónica Galicia-García**, es Profesora-Investigadora de Tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ha publicado artículos en revistas internacionales indizadas y varios capítulos de libro; así como múltiples presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN ACADEMIA JOURNALS, CELAYA, 2021

CERTIFICADO

otorgado a

DR. JONATAN TORRES-PÉREZ
E.Q.F.B. VIVIANA SANTIAGO-PÉREZ
DRA. KATYA AIMÉE CARRASCO-URRUTIA
DRA. ALBA YADIRA CORRAL-AVITIA
DRA. MÓNICA GALICIA-GARCÍA

por su participación con la ponencia titulada

**REMOCIÓN DE CIPROFLOXACINO CON UN MEDICAMENTO CADUCO A BASE DE CARBÓN
ACTIVADO**

(Artículo No. CCC-095)

El congreso, con fechas 10 y 11 de noviembre de 2021, fue organizado con la colaboración de Academia Journals y el Tecnológico Nacional de México en Celaya; la ponencia fue presentada en este congreso.

El artículo fue publicado en las siguientes modalidades: (1) en el portal de Internet AcademiaJournals.com, con **ISSN 1946-5351, Vol. 13, #10 online**, 2021 e indexación en la base de datos Fuente Académica Plus de EBSCOHOST, MASSACHUSETTS, Estados Unidos y (2) **libro digital ebook** con **ISBN 978-1-939982-90-2 online**, titulado "*Diseminación de la Investigación en la Educación Superior: CELAYA 2021*".



Dr. Rafael Moras, P.E.
Editor Principal
Academia Journals



MC. Moises Tapia Esquivias
Coordinador General del
Congreso Internacional de Investigación
Academia Journals, Celaya, 2021.

No. 4540

CCC-095



Firma digital:

<http://aj.itcelaya.edu.mx/folio.html?f=ccb098966221812b4ba3384f0>