

EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Coordinadores

Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Coordinadores

Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo



Instituciones colaboradoras en el 44° Congreso Mexicano de la Ciencia del Suelo



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo



International Union of Soil Sciences



Colegio de Postgraduados, Campus S.L.P.



Instituto Tecnológico El Llano
Aguascalientes



Universidad Nacional Autónoma de México



Universidad Autónoma Chapingo



EL SUELO, DONDE TODO COMIENZA

Primera edición 2019

D.R. © Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940
Ciudad Universitaria
Aguascalientes, Ags., 20131
www.uaa.mx/direcciones/dgdv/editorial/

Coordinadores

D.R. © Fernando Ramos Gourcy
Luis Reyes Muro
José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo

D.R. © Natividad Tlacotempa Avilés
Fabián Fernández Luqueño
Miriam Vega Hernández
Mónica Alondra Flores Rivera
Manuel Alexis Sánchez Castro
Andrea Yakelin Pérez Moreno
Pedro Rivera Ruiz
Román Guadalupe Morales Marta
Hermes Pérez Hernández
César Roberto Sarabia Castillo
Rolando Ávila Ayala
Margarita Eugenia Gutiérrez-Ruiz
Tarsicio Medina Saavedra
David Cristóbal Acevedo
María Dolores Guevara Espinosa
Lenom Cajuste Bontemps
Isabel del Rayo Estrada Herrera
Óscar Valdivia Martínez
Tania González Vargas
Erika María López García
Mario Francisco Santoyo de la Cruz
Julia Amalia Hernández González
Alejandra Guadalupe Villegas Pañeda
Rufo Sánchez Hernández
Gustavo Ortiz Ceballos
Karla Varela Mata
Luis Fernando Monfil Hernández

Sergio Dionisio Luévano Gurrola
David Espinosa Victoria
José Saúl Padilla Ramírez
Juan Carlos Camacho Chab
Griselda del Carmen León-Galván
Karla Vanessa de Lira Ramos
Blanca Estela Gómez Luna
Gabriela Medina Pérez
Judith Castellanos Moguel
Jorge López Cárdenas
Rubén Garza Lau
Alejandro Moreno Reséndez
Marco Antonio Bustamante García
Angélica Cardiel Alanis
Nayely Jazmín Gutiérrez Ruelas
Ezequiel Muñoz Márquez
Aracely Mena Echevarría
Rosalinda Mendoza Villarreal
Adalberto Benavides Mendoza
Juan Carlos Velázquez Juárez
José Osbaldo Ramos Méndez
José Rafael Paredes Jácome
Hugo Ernesto Flores López
Alejandro Ismael Monterroso Rivas
Nadia Hernández Tapia
Mariana Miranda Arámbula
Fidel Blanco Macías
Tomás Moreno Gallegos
Jesús López Guzmán
Rebeca de Gortari Rabiela
Nalleli Concepción Pérez Pérez
María Inés Yáñez Díaz
Rafael Delgado Martínez
Leonel García Álvarez
Victorino Gómez Valenzuela
Karem Arely Aguirre Terrazas
Jonatan Torres Pérez
Ruby Azucena Sarabia Sánchez
Elva Jessica García Celestín
Claudia Tiscareño Villa
Yuridia del Carmen Jiménez López
Gildardo Pérez Mireles
Miguel Ángel Martínez Gamiño

Héctor Ramírez Garduño
Alfonso Serna Pérez
Jonhson Fabricio Garcés Aguirre
Marithza Guadalupe Ramírez Gerardo
Martin Espinosa Ramirez
Carlos Rojas Santillán
Daniel Torres Nava
Miguel Agustín Velásquez Valle
Sergio Arellano Arciniega
Edelvis Mónica Álvarez Cadena
Esteban Salvador Osuna Ceja
Francisco Guadalupe Echavarría Chairez
Roberto García Marroquín
Brenda Ponce Lira
Abraham Díaz Romo
Susana Ortega Lopez
Leonardo Pulido Madrigal
Arturo Erubiel Hernández Tirado
Gilberto Vela Correa
Dulce Flores Rentería
Luis David Naranjo Espinoza
Juan Manuel Covarrubias Ramírez
Mónica Guadalupe Lozano Contreras
Aurelio Báez Pérez
Miguel Ángel Gallegos Robles
Rubén Guerrero Medina
Jaime Cruz Rodríguez Gómez
Gabriela Vázquez Barenca
Gustavo Mercado Mancera
Cristian Alejandro Reyna Ramirez
Rigoberto Castro Rivera
José Antonio Hernández Herrera
Alfredo Mondragón Sánchez
Gisela Aguilar Benítez
Sara Luz Vera García
Erick Baltazar Brenes
Alfonso de Luna Jiménez
Juan Pedro Flores Margez
Felipe De Jesús González Rodríguez
Armando Lopez Santos
Mercedes Borja Bravo
Luis Reyes Muro

Comité de Arbitraje Científico:

José Saúl Padilla Ramírez
Catarino Perales Segovia
Miguel Ángel Martínez Gamiño
Víctor Manuel Rodríguez Moreno
Esteban Salvador Osuna Ceja
Mercedes Borja Bravo

Para citar esta obra:

Ramos G. F., Reyes M. L., Padilla R. J. S., Perales S. C., Martínez G. M. A., Rodríguez M. V. M., Osuna C. E. S. y Borja B. M. (Coords.). 2019. *El suelo, donde todo comienza*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags. México. 972 p.

Diseño editorial:
Genaro Ruiz Flores González
ldgnaro.myportfolio.com

ISBN 978-607-8652-94-5

Hecho en México
Made in Mexico

El contenido y cuidado de los textos son responsabilidad de los autores

CÁSCARA DE NUEZ Y ANATASA PARA LA ELIMINACIÓN DE OXITETRACICLINA DE MEDIO ACUOSO

Ruby Azucena Sarabia Sánchez¹
Jonatan Torres-Pérez¹

RESUMEN

La oxitetraciclina es considerada como un contaminante emergente en el agua según la lista Norman 2016. Se ha demostrado que estos compuestos se encuentran diseminados en el ambiente y provienen del uso de los mismos en tratamientos para humanos y animales. Diferentes estudios han demostrado que los procesos de tratamiento de aguas convencionales son relativamente ineficaces en la eliminación de compuestos farmacéuticamente activos. La presente investigación evaluó la capacidad de sorción del compuesto de carbón activado obtenido de cáscara de nuez y anatasa (AC-TiO₂) para la adsorción de oxitetraciclina en medio acuoso. El proceso de adsorción se llevó a cabo en reactores con diferentes concentraciones de oxitetraciclina en contacto con el AC-TiO₂, en diferentes tiempos de contacto y diferentes medios acuosos (agua destilada y agua con iones interferentes). Logrando una disminución de la concentración inicial de oxitetraciclina. La capacidad de sorción se evaluó por medio de cinéticas empleando los modelos de primer orden, pseudo segundo orden y el modelo cinético de Elovich en agua destilada y con iones interferentes, donde se logró observar un mejor ajuste al modelo cinético de Pseudo segundo orden. El porcentaje de remoción de oxitetraciclina fue de 65 y 85 % en agua destilada e iónica respectivamente. Se concluyó que el AC-TiO₂ es eficiente para la remoción de oxitetraciclina en medio acuoso y que la presencia de iones no afecta el proceso de sorción del fármaco.

Palabras clave: oxitetraciclina, cáscara de nuez y anatasa.

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Cuerpo Académico de Contaminación en Recursos Naturales. al139351@alumnos.uacj.mx

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

Debido al amplio consumo de antibióticos en la actualidad, los podemos encontrar en las aguas residuales provenientes de las industrias, de los hospitales, entre otros. No todos los productos farmacéuticos como los antibióticos son removidos en su totalidad con los sistemas actuales de tratamiento de aguas (Quesada, Jáuregui, Wilhelm, & Delmas, 2009)). Es por ello que se buscan alternativas para su remoción total en agua residual.

Los fármacos no solo se han encontrado en aguas superficiales sino también en aguas subterráneas e incluso en agua potable. La contaminación por estos residuos no solo proviene de las excreciones, sino que también de la fabricación y disposición inadecuada de los desechos de estos productos (Quesada et al., 2009). Es por eso que los fármacos se han convertido en uno de los principales problemas para la contaminación ambiental, ya que estos cada vez son más utilizados en actualidad.

Diferentes estudios han demostrado que los procesos de tratamiento de aguas convencionales son relativamente ineficaces en la eliminación de compuestos farmacéuticamente activos (Camacho, Caviedes, & Delgado, 2017). Por lo tanto, se busca implementar esta nueva tecnología de bajo costo para la remoción de oxitetraciclina de un medio acuoso.

Estos contaminantes no se encuentran regulados, por lo que es importante la remoción de los mismos mediante una nueva tecnología como la utilización de compósitos de carbón activado de cáscara de nuez y anatasa. Este nuevo material propuesto es amigable con el ambiente ya que el proceso de activación del carbón activado de cáscara de nuez solo requiere de agua en comparación con otras metodologías. Es por ello que el objetivo de la presente investigación fue la preparación de un material sustentable para la eliminación de oxitetraciclina de aguas contaminadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del carbón activado

La cáscara de nuez que se empleó en el estudio se obtuvo de un productor local del Estado de Chihuahua. Posteriormente, la cáscara de nuez se sometió a un calentamiento previo o secado en una estufa marca SHEL LAB a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ durante 24 h. Posteriormente se colocaron en un horno rotatorio marca Carbolite

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

modelo HTR 11/75 provisto con un reactor de cuarzo giratorio en donde se llevó a cabo el proceso de carbonización y activación al mismo tiempo a una temperatura de 850 °C en atmosfera de nitrógeno y la activación se propició mediante la adición de agua.

Síntesis del compósito de carbón activado y anatasa

El carbón activado de cáscara de nuez (NAC) se tamizo y el compósito se sintetizó por un método hidrotérmico. Añadiendo Anatasa (TiO_2) en polvo (ATNP).

Cinéticas de sorción

En reactores cerrados de polietileno se agregaron 0.5 g del compósito AC-TiO₂, en 500 mL de solución con 50 ppm de oxitetraciclina, posteriormente se dejaron en agitación a 120 rpm a diferentes tiempos de contacto (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 24, 48, 72, 216, 336 y 432 horas). Ya transcurrido el tiempo de contacto, se filtró por gravedad y por medio de espectrometría UV/Visible se determinó la concentración de oxitetraciclina. El procedimiento antes mencionado se realizó por duplicado y bajo dos condiciones diferentes; una con agua destilada y otra con agua con presencia de iones interferentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cinéticas de sorción se realizaron en un medio de agua destilada y con presencia de iones, partiendo de una concentración de 50 ppm de oxitetraciclina a diferentes tiempos de contacto con AC-TiO₂. En la figura 1 se logra apreciar la comparación de los dos medios acuosos y el comportamiento del AC-TiO₂ a diferentes tiempos de contacto, se observa que AC-TiO₂ alcanzó el equilibrio a las 216 h aproximadamente en los dos medios acuosos utilizados. También se observa la disminución de la concentración inicial de la oxitetraciclina conforme transcurrían las horas y se observa que se logró una mejor adsorción en medio acuosa con presencia de iones.

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

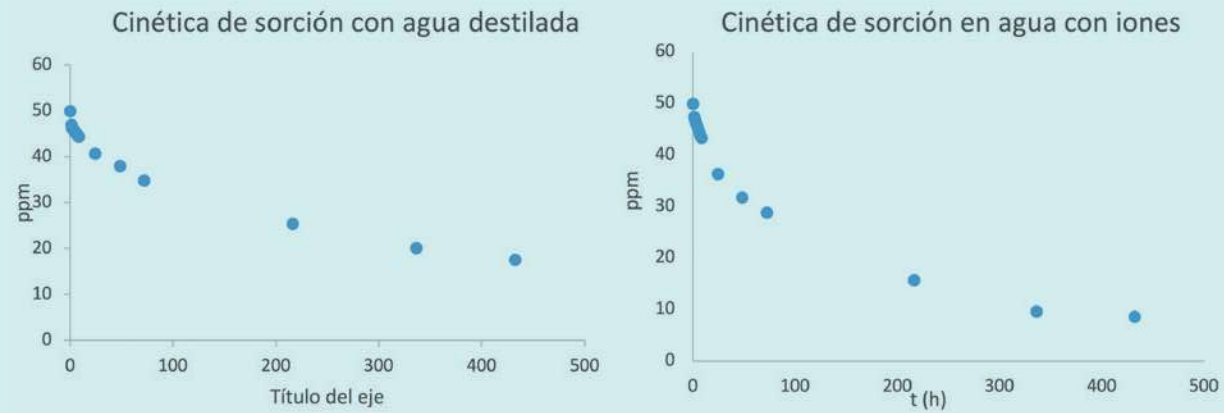


Figura 1. Relación de concentración de oxitetraciclina en tiempo de contacto con AC-TiO₂ en agua destilada y en presencia de iones respectivamente.

Los estudios cinéticos son muy importantes para tener una idea de la dinámica del proceso de sorción que presentan los materiales preparados (Cazetta *et al.*, 2011). Para evaluar las cinéticas de adsorción de tetraciclina sobre los materiales preparados se aplicaron los modelos cinéticos de primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich y sus correspondientes parámetros cinéticos fueron obtenidos de la aplicación de dichas ecuaciones (Tabla 1). La diferencia en la capacidad de sorción encontrada entre ambos procesos de sorción (agua destilada y con presencia de iones interferentes) fue mínima y se debió principalmente a que la presencia de diversos iones en la solución genera mayores cargas electrostáticas en la superficie de los materiales y con ello se mejora dicha capacidad de retención de la molécula de OTC (Soria-Serna, Torres-Pérez, & Reyes-López, 2018) such as antibiotics like tetracycline (TC).

Los resultados experimentales se ajustaron a los modelos cinéticos de primer orden, pseudo-segundo orden y Elovich (Cuadro 1), siendo el modelo de pseudo-segundo orden el que describió de mejor manera el proceso de sorción realizado. Este modelo es generalmente usado para adsorbentes heterogéneos y procesos de sorción química (Samarghandi *et al.*, 2014). La ecuación de Elovich describe la cinética de la quimisorción de una base gaseosa en una fase sólida, sin embargo, algunos investigadores han aplicado este modelo para una base sólida en una fase líquida (Cortés-Martínez, *et al.*, 2004). El modelo de Elovich se ha utilizado en quimisorción en materiales que presentan superficies heterogéneas. La tabla 1 muestra el valor de A y R para los ajustes de datos experimentales. La ecuación considera que los sitios de sorción en

el AC-TiO₂ tienen diferentes energías diferentes (Soria-Serna et al., 2018) such as antibiotics like tetracycline (TC). En base al índice de correlación se observa que el AC-TiO₂ también se ajustó al modelo de Elovich.

| Medio acuoso/ AC-TiO ₂ | Modelo cinético | K (g/mgh) | R |
|-----------------------------------|----------------------|-----------|--------|
| Agua destilada | Primer orden | 0.09576 | 0.9662 |
| | Pseudo segundo orden | 950.857 | 0.9808 |
| | Elovich | 1.911 | 0.9884 |
| Agua en presencia de iones | Primer orden | 0.011998 | 0.9843 |
| | Pseudo segundo orden | 2176.83 | 0.9879 |
| | Elovich | 2.5554 | 0.9977 |

Tabla 1: modelos cinéticos en medios acuosos con y sin presencia de iones.

El contenido de iones puede beneficiar el comportamiento de sorción de contaminantes orgánicos en materiales absorbentes en sistemas de agua. El efecto de los iones sobre la capacidad de sorción de la oxitetraciclina no se vio afectado al contrario se muestra una mayor capacidad de sorción, se muestra en la figura 1 la cinética de sorción en presencia de iones un contenido específico de: Ca²⁺ (18 mg L⁻¹), Mg²⁺ (15 mg L⁻¹), Si (93 mg L⁻¹), HCO₃⁻ (152 mg L⁻¹). La mayoría de las superficies de materiales adsorbentes llevan una carga negativa neta, y cuando el contenido de iones aumenta los cationes como Na⁺, Mg²⁺ o Ca²⁺ son atraídos electrostáticamente por la superficie de carbono negativamente (Ter Laak, 2005). Lo cual en el material sintetizado se presentó un comportamiento diferente ya que la presencia de iones favoreció la capacidad de sorción del AC-TiO₂.

CONCLUSIÓN

Se concluyó que el AC-TiO₂ fue eficiente para la remoción de oxitetraciclina en medio acuoso y que la presencia de iones no afecta el proceso de sorción. La eficiencia para la eliminar el antibiótico aumento con la presencia de iones en el medio acuoso un 18 % a concentración de 50 ppm, presentando un ajuste a los modelos cinéticos de pseudo-segundo orden y Elovich.

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS

Al apoyo recibido por parte de los proyectos FOMIX-CONACY (Mexico), número CHIH-2012-C03-194671, y PROMEP-SEP (Mexico) No.103.5/12/3457

BIBLIOGRAFÍA

- Camacho, D. M., Caviedes, D. I., & Delgado, D. 2017. Tratamientos para la remoción de antibacteriales y agentes antimicrobiales presentes en aguas residuales * Treatments for the removal of antibacterial and antimicrobial agents present in wastewater, *9*(1), 45–48. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22335/rllct.v9i1.370>
- Cazetta, A.L., Vargas, A.M.M., Nogami, E.M., Kunita, M.H., Guilherme, M.R., Martins, A.C., Silva, T.L., Moraes, J.C.G., Almeida, V.C. 2011. NaOH-activated carbon of high surface area produced from coconut shell: kinetics and equilibrium studies from the methylene blue adsorption, *Chem. Eng. J.*, *174*, 117–125.
- Cortés-Martínez, V. Martínez-Miranda, M. Solache-Ríos, I. 2004. García-Sosa, Evaluation of natural and surfactant-modified zeolites in the removal of cadmium from aqueous solutions, *Sep. Sci. Technol.*, *39*, 2711–2730.
- Quesada, I., Jáuregui, U., Wilhelm, A.-M., & Delmas, H. 2009. Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos . Estrategias para enfrentar la problemática. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, *40*(3), 173–180. <https://doi.org/02535688>
- Sivakumar, T., Bajaj, H. C., & Tayade, R. J. 2016. Palmyra tuber peel derived activated carbon and anatase TiO₂ nanotube based nanocomposites with enhanced photocatalytic performance in rhodamine 6G dye degradation. *Process Safety and Environmental Protection*, *104*, 346–357. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.09.021>
- Soria-Serna, L. A., Torres-Pérez, J., & Reyes-López, S. Y. 2018. Tetracycline adsorption on steam alternative activated carbon: Kinetic and thermodynamic parameters. *Desalination and Water Treatment*, *114*, 307–312. <https://doi.org/10.5004/dwt.2018.22313>
- Samarghandi, M.R., Hadi, M., McKay, G. 2014 .Breakthrough curve analysis for fixed-bed adsorption of azo dyes using novel pine cone – derived active carbon, *Adsorpt. Sci. Technol.*, *32*, 791–806.
- Ter Laak, T.L., Mayer, P., Busser, F.J.M., Klamer, H.J.C., Hermens, J.L.M. 2005. Sediment dilution method to determine sorption coefficients of hydrophobic organic chemicals, *Environ. Sci. Technol.*, *39*, 4220–4225.

I
Diagnóstico, metodología
y evaluación del recurso suelo

II
Relación suelo-clima-biota

III
Aprovechamiento
del recurso suelo

IV
Educación
y asistencia técnica

ÍNDICE GENERAL