

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO FOTO-FENTON PARA LA DEGRADACIÓN DE ACETAMINOFÉN EN SOLUCIÓN ACUOSA.

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE PHOTO-FENTON PROCESS FOR DEGRADATION OF ACETAMINOPHEN IN AQUEOUS SOLUTION.

Autor 1: Ana María Rozo Hernández.

ana.rozo.h@uniautonomia.edu.co.

Semillero de Investigación en Manejo Integral del Recurso Hídrico - MIRH; Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

Autor 2: Yennifer Yinet Otero Molano.

yennifer.otero.m@uniautonomia.edu.co.

Semillero de Investigación en Manejo Integral del Recurso Hídrico - MIRH; Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Autor 3: Arnol Arias Hoyos. Biólogo, M. Sc(c) en Ingeniería y Gestión Ambiental.

arnol.arias.h@uniautonomia.edu.co.

Docente Investigador y director del Grupo de Investigación en Tecnologías y Ambiente - GITA; Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Autor 4: Edwin Fernando Sierra Gaviria. Ingeniero Ambiental y Sanitario, M. Sc(c) en Ingeniería Ambiental.

edwin.sierra.g@uniautonomia.edu.co.

Docente Investigador, Grupo de Investigación en Tecnología y Ambiente - GITA; Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Autor 5: César Fernández Morantes. Químico, PhD en Ingeniería mención materiales.

cesar.fernandez.m@uniautonomia.edu.co.

Docente Investigador, Grupo de Investigación en Tecnología y Ambiente - GITA; Corporación Universitaria Autónoma del Cauca

Resumen: Los contaminantes emergentes (CE) son sustancias que se encuentran en las fuentes hídricas en bajas concentraciones y afectan la ecología y la salud humana. Particularmente, los CE farmacéuticos (CEF) como el acetaminofén, ampliamente utilizado, presenta altas tasas de excreción que contribuyen a la carga de CEF en aguas residuales hospitalarias (ARH). El objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia del proceso foto-fenton en la degradación de acetaminofén en ARH. Para esto, se determinó la concentración del fármaco mediante cromatografía líquida, acoplado a masas (CLAR/MS). Se caracterizó el ARH con parámetros fisicoquímico para evaluar pH, oxígeno disuelto, turbiedad, DBO, DQO, acidez y alcalinidad.

Los resultados reflejan una contaminación orgánica significativa, la relación DBO/DQO inferior a 1, sugiere la presencia de compuestos difíciles de degradar biológicamente excediendo los límites normativos. Esto demuestra la necesidad de implementar métodos no convencionales como los tratamientos avanzados de tipo foto-fenton, que sean capaces de degradar eficientemente CEF, proteger las fuentes hídricas receptoras y garantizar el cumplimiento ambiental.

Palabras Clave: Compuestos bioacumulativos, fármacos, antipiréticos, vertimientos hospitalarios, oxidación avanzada, proceso fotoquímico, espectrometría de masas.

Abstract: Emerging contaminants (ECs) are substances that are found in water sources in low concentrations and affect ecology and human health. Particularly, pharmaceutical ECs (FECs) such as acetaminophen, widely used, present high excretion rates that contribute to the load of FECs in hospital wastewater (HWW). The aim of this study is to evaluate the efficiency of the photo-Fenton process in the degradation of acetaminophen in HWW. For this purpose, the drug concentration was determined by liquid chromatography coupled to mass (HPLC/MS). The HRA was characterized with physicochemical parameters to evaluate pH, dissolved oxygen, turbidity, BOD, COD, acidity and alkalinity.

The results reflect significant organic contamination, the BOD/COD ratio of less than 1 suggests the presence of compounds that are difficult to biologically degrade, exceeding the regulatory limits. This demonstrates the need to implement non-conventional methods such as advanced photo-Fenton type treatments, which are capable of efficiently degrading FECs, protecting the receiving water sources and

ensuring environmental compliance.

Keywords: Bioaccumulative compounds, pharmaceuticals, antipyretics, hospital discharges, advanced oxidation, photochemical process, mass spectrometry.

DESARROLLO: Los contaminantes emergentes (CE) son sustancias químicas, presentes en el ambiente en concentraciones relativamente bajas, generan efectos adversos sobre la ecología o la salud humana (Rodríguez et al, 2020). Entre los tipos de CE están los contaminantes emergentes farmacéuticos (CEF), que se encuentran principalmente en el recurso hídrico debido al amplio uso (Jiménez, 2011).

Las aguas residuales hospitalarias (ARH) son una fuente importante de ingreso de CEFs al ambiente. Hasta un 90% de CEF ingeridos se excreta sin metabolizar aumentando la carga contaminante en cuerpos de agua (Cepeda, 2018). El acetaminofén, es un analgésico de amplio uso y ejemplo de CEF, con tasas de excreción urinaria que alcanzan el 10% (Gil et al., 2012). Dada la ineficiencia de las plantas de tratamiento convencionales (PTAR) para eliminar CEF, es urgente estudiar nuevas tecnologías de tratamiento para las ARH (Bolaños & Mora, 2016).

Los procesos de oxidación avanzada (POA), como el foto-fenton, son tecnologías prometedoras para abordar la creciente problemática de la contaminación por CEF en ARH (Contreras & Terán, 2020). En este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia del proceso foto-fenton en la degradación de acetaminofén como una solución para el tratamiento de ARH.

Para lo anterior, se plantea secuencialmente la determinación de la concentración de acetaminofén en el ARH y el análisis de los registros hospitalarios, además de la caracterización fisicoquímica del efluente. Seguido del diseño de un sistema de tratamiento no convencional para la degradación de contaminantes y finalmente la estimación de la eficiencia de la oxidación avanzada para la remoción de acetaminofén. En cuanto a la caracterización fisicoquímica del ARH se recolectaron diez muestras compuestas, las cuales se obtuvieron en diferentes días, con el fin de determinar parámetros fisicoquímicos (*in situ*) como el pH, temperatura (°C) y oxígeno disuelto OD (mg/L) (YSI pro-plus), y la turbiedad (NTU) (HACH 2100Q). Los parámetros *ex situ* fueron la demanda química de oxígeno (DQO) (mg/L) (APHA SM 5220D), y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) (mg/L) por espirometría (APHA SM 5210D) (APHA, 2017). La acidez y alcalinidad (mg CaCO₃/L) por titulación (APHA 2310B y 2320B) (APHA, 2017). El análisis del acetaminofén en el ARH se realizará por cromatografía líquida de alta eficiencia con detector de masas (CLAR/MS) (Hernández-Tenorio, 2021).

El análisis preliminar evidenció, según el registro hospitalario, que uno de los medicamentos de mayor uso es el acetaminofén, además de la dopamina y doxiciclina. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos del ARH indican que los valores altos de DBO y DQO reflejan una contaminación orgánica significativa en estas aguas, sobrecargando los cuerpos receptores y fomentando procesos de eutrofización. La relación DBO/DQO inferior a 1, sugiere la presencia de compuestos difíciles de degradar biológicamente, lo cual dificulta la depuración. Debido a que los resultados exceden los límites establecidos en la Resolución 631 de 2015, demanda tratamientos avanzados como el proceso foto-Fenton para garantizar el cumplimiento normativo y proteger los cuerpos receptores (Resolución 631 de 2015, s. f.).

REFERENCIAS

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard **methods for the examination of water** and wastewater* (R. Baird, A. Eaton, & E. Rice (Eds.); 23rd ed.).

Bolaños Gómez, D. K., & Mora Guzmán, L. S. (2016). *Evaluación de la Resistencia a Ceftriaxona, Amikacina y Oxacilina en Escherichia Coli Presente en Vertimientos de Agua Residual del Hospital de Suba II Nivel E.S.E. en Bogotá* [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2898>

Contreras Grefa, I. E., & Terán Oñate, R. A. (2020). *Eliminación del contaminante emergente Ácido Salicílico de Matrices Acuosa mediante Oxidación Avanzada*. [bachelorThesis, Universidad Estatal Amazónica]. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/818>

Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73.

Jiménez Cartagena, C. (2011). Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: Productos farmacéuticos. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 143-153.

Rodríguez Peña, M., Barrera Díaz, C. E., Costillas, S., Lacasa, E., Sáez, C., Cañizares, P., Rodrigo, M. A., Montero Guadarrama, I., Molina Mendieta, M., Roa Morales, G., Barrera González, H., Prato Gacia, D.,

Vásquez Medrano, R., Vedrenne, M., Mendoza Zepeda, A., Hurtado Alva, L., Natividad Rangel, R., Solís Casados, D. A., Escobar Alarcón, L., ... Roa Morales, G. (2020). *Procesos de Oxidación avanzada en el tratamiento de agua*. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/109361>

Resolución 631 de 2015. (s. f.). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado 17 de abril de 2024, de <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>