

## **Uso de Celdas de Combustible Microbianas para la remoción de ibuprofeno en agua**

### **Use of Microbial Fuel Cells for removal of ibuprofen from water**

**<sup>1,2</sup>Miguel Mauricio Aguilera Flores, <sup>1,3</sup>Nahum Andrés Medellín Castillo, <sup>2</sup>Verónica Ávila Vázquez, <sup>1,4</sup>Candy Carranza Álvarez, <sup>1,3</sup>Antonio Cardona Benavides, <sup>1,3</sup>Raúl Ocampo Pérez**

<sup>1</sup>Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Manuel Nava 201, Col. Zona Universitaria Poniente 78210, San Luis Potosí, S.L.P., México. Correo electrónico: mmaf1@hotmail.com

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional. Blvd. del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa 98160 Zacatecas, Zac., México

<sup>3</sup>Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Manuel Nava No. 8, Col. Zona Universitaria Poniente 78290, San Luis Potosí, S.L.P., México

<sup>4</sup>Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Romualdo del Campo #501, Fraccionamiento Rafael Curiel 79060, Ciudad Valles, S.L.P., México

<sup>5</sup>Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Av. Manuel Nava No. 6, Col. Zona Universitaria Poniente 78210, San Luis Potosí, S.L.P., México

**Palabras clave:** bioelectrodo, contaminantes emergentes, sistemas bioelectroquímicos.

**Key words:** bioelectrode, emerging contaminants, bioelectrochemical systems.

## INTRODUCCIÓN

Las Celdas de Combustible Microbianas (CCM) son un tipo de sistemas bioelectroquímicos que ofrecen grandes ventajas asociadas a su doble función, ya que generan una producción neta de energía positiva, mientras que los microorganismos degradan diversos sustratos en solución (Pant et al. 2010; Santoro et al., 2017). A pesar de que las CCM han sido ampliamente estudiadas en la degradación de varios compuestos y remoción de contaminantes en aguas residuales, han sido escasamente aplicadas en la remoción de compuestos persistentes como los productos farmacéuticos (Pant et al. 2010; Santoro et al., 2017).

Los productos farmacéuticos son un grupo de contaminantes emergentes pseudo-persistentes en el ambiente, encontrados principalmente en las fuentes de agua a concentraciones muy bajas (desde ng/L a  $\mu\text{g/L}$ ), y que en los últimos años han sido objeto de estudio derivado de los efectos tóxicos que representan en organismos acuáticos y en la salud humana (Kümmerer, 2010; Pal et al., 2014). El ibuprofeno es un fármaco de potencial importancia en función de sus altos volúmenes de uso médico y veterinario, interés toxicológico, sus mecanismos de acción y su relevancia para la salud pública (Castro et al., 2015). Este compuesto y sus metabolitos al ser desechados en agua, no son removidos por las tecnologías convencionales de tratamiento, por lo que están presentes incluso en aguas tratadas, representando un riesgo para los organismos vivos que interaccionan con ellos (Chopra et al., 2020; Pal et al., 2014).

Diversos métodos han sido utilizados para la remoción del ibuprofeno en agua, en su mayoría siendo de alto costo (Chopra et al., 2020), sin embargo el uso de CCM para este fin, no ha sido reportado, por lo que resulta un área de interés, siendo el objetivo central de este proyecto utilizar CCM para la remoción de ibuprofeno en agua.

## METODOLOGÍA

Una CCM de una sola cámara fue operada a temperatura ambiente, condiciones anaerobias y pH neutro con 50 ppm de ibuprofeno (grado reactivo) y 1.2 g de tierra para macetas como inóculo; ambos en una solución buffer de fosfatos con volumen de la celda de 150 mL. Tela de carbono con Platino se usó como cátodo, nafión como membrana de intercambio protónico, y fieltro de carbón como ánodo.

La CCM se caracterizó por las técnicas electroquímicas de Voltamperometría de Barrido Lineal, Espectroscopia de Impedancia Electroquímica y Cronoamperometría. La concentración de

ibuprofeno después de la degradación fue analizada por Cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo de degradación del ibuprofeno fue de 11 días, presentando un potencial máximo a circuito abierto de 507 mV entre los días 5 y 6. Almeida et al. (2013), evaluaron la degradación de 250  $\mu\text{g/l}$  de ibuprofeno, utilizando *Patulibacter* sp., reduciéndose al 50% en 12.5 días, y a concentración inicial de 50  $\mu\text{g/L}$  se obtuvo una reducción del 92% en casi 4 días. Murdoch & Hay (2015), evaluaron la degradación del fármaco, utilizando *Variovorax* sp. Ibu-1, con una concentración inicial de 500 mg/L, se obtuvo una degradación del 40% en 3 días. No se identificó en la literatura un trabajo similar a éste, basado en sistemas electroquímicos para la degradación del ibuprofeno, sin embargo, comparado con los procesos de biodegradación microbiana presentados, la CCM parece ser una tecnología innovadora en el sentido que no requiere de un aislamiento previo del microorganismo degradador del fármaco, y por el porcentaje de degradación del mismo obtenido al final del ciclo, el cual será presentado más adelante.

Se obtuvieron valores de densidad de potencia máxima de 0.88  $\text{mW/m}^2$ , y de intensidad de corriente máxima de 3.05  $\text{mA/m}^2$ , a partir de un potencial inicial de 400 mV. Además, valores de 9.0 y 17  $\Omega/\text{cm}^2$  para las resistencias de la solución, y de transferencia de carga, respectivamente; considerándose relativamente bajos, no obstante, éstos pueden mejorarse con la configuración de la celda.

La curva de estabilidad en la celda con potencial fijo de 400 mV, dio una corriente inicial de 95  $\mu\text{A}$ , logrando una estabilización a 20  $\mu\text{A}$  durante 2000 s, mostrando que la CCM es estable a las condiciones de trabajo.

Finalmente, se obtuvo una eficiencia de degradación del ibuprofeno del 30-40%, mostrando cierta competitividad respecto a las tecnologías reportadas por otros autores (Chopra et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Las CCM resultaron ser una tecnología prometedora para la degradación del ibuprofeno en solución acuosa, por lo que abre la brecha sobre la investigación en la aplicación de estas tecnologías para la remoción de contaminantes emergentes en agua.

## REFERENCIAS

Almeida, B., Kjeldal, H., Lolas, I., Knudsen, A. D., Carvalho, G., Nielsen, K. L., ... Nielsen, J. L. (2012). *Quantitative proteomic analysis of ibuprofen-degrading Patulibacter sp. strain III*. Biodegrad. 24(5):615-630.

Castro-Pastrana, Lucila I., & Baños-Medina, María I., López-Luna, María Argelia, Torres-García, Blanca L. (2015). *Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación*. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 46(3):16-40.

Chopra, S., & Kumar, D. (2020). *Ibuprofen as an emerging organic contaminant in environment, distribution and remediation*. Heliyon, 6(6):e04087

Kümmerer, K. (2010). *Pharmaceuticals in the Environment*. Annu. Rev. Environ. Resour. 35(1):57-75

Murdoch, R. W., & Hay, A. G. (2015). *The biotransformation of ibuprofen to trihydroxyibuprofen in activated sludge and by Variovorax Ibu-1*. Biodegrad. 26(2):105-113.

Pal, A., He, Y., Jekel, M., Reinhard, M., & Gin, K. Y.-H. (2014). *Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle*. Environ. Int. 71:46-62.

Pant, D., Van Bogaert, G., Diels, L., & Vanbroekhoven, K. (2010). *A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production*. Bioresour. Technol. 101(6):1533-1543.

Santoro, C., Arbizzani, C., Erable, B., Ieropoulos, I. (2017). *Microbial fuel cells: From fundamentals to applications. A review*. J. Power Sources: 356, 225-244.