

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

José Sebastián Zambrano ¹, Beatriz Elizabeth Arteaga Benavides²

¹Aprendiz Tecnoacademia, Química, Tecnoacademia Túquerres, Centro Sur Colombiano de Logística Internacional, Nariño

²Facilitadora Tecnoacademia, Química, Tecnoacademia Túquerres, Centro Sur Colombiano de Logística Internacional, Nariño

Resumen

Las Celdas de Combustibles Microbiana (CCM) son dispositivos que obtienen energía eléctrica a partir de los procesos catabólicos de las bacterias, es decir, las bacterias durante su metabolismo producen electrones, al mismo tiempo que descontaminan las aguas residuales. En esta investigación se utilizó una celda de combustible microbiana de cámara doble, separadas por una membrana de intercambio protónico marca DUPONT N 117. El agua residual se preparó a partir de lodos anaerobios procedentes de una zona de Túquerres, Nariño.

A pesar de que existen pocos estudios en cuanto a la ecología microbiana que rigen estos procesos, este tipo de tecnologías resulta atractivo para mejorar el desempeño eléctrico y al mismo tiempo remover materia orgánica.

Palabras clave: energía eléctrica, celdas de combustible microbianas, metabolismo bacteriano, bacterias electrogénicas.

Introducción

El agua y la energía son recursos indispensables en el desarrollo de la vida y en las actividades cotidianas del hombre.

La obtención de energía a partir de combustibles fósiles ha ocasionado grandes problemas ambientales en el mundo, siendo la emisión de gases de efecto invernadero el principal factor en el calentamiento global. Estas fuentes de energía son no renovables y por ende se hace necesario buscar nuevas alternativas de generación de energías limpias (Revelo y Hurtado, 2013). Por otro lado, día a día se generan grandes cantidades de aguas residuales que contaminan las fuentes hídricas, y siendo el agua un recurso indispensable para la vida se deben buscar nuevas tecnologías para su descontaminación (Fajardo, 2015).

Las celdas de combustible microbiana son una tecnología emergente que puede contribuir a la solución de estas dos problemáticas. Estas CCM son dispositivos que utilizan microorganismos que descomponen materia orgánica y simultáneamente producen energía sostenible (Revelo y Hurtado, 2013). Durante la descomposición de materia orgánica se purifica el agua para utilizarla en posibles tareas cotidianas como riego de cultivos o lavado de vehículos (Buitrón y Pérez, 2011).

La CCM está compuesta por dos cámaras, una de las cámaras es anaerobia y contiene el ánodo, en esta cámara se deposita el agua residual junto con los microorganismos. La segunda cámara es aerobia y contiene al cátodo. Estas dos cámaras están separadas por una Membrana de Intercambio Protónico (MIP) que permite el paso selectivo de los protones desde la cámara anódica a la cámara catódica (Revelo y Hurtado, 2013). La CCM de doble cámara se observa en la figura 1.

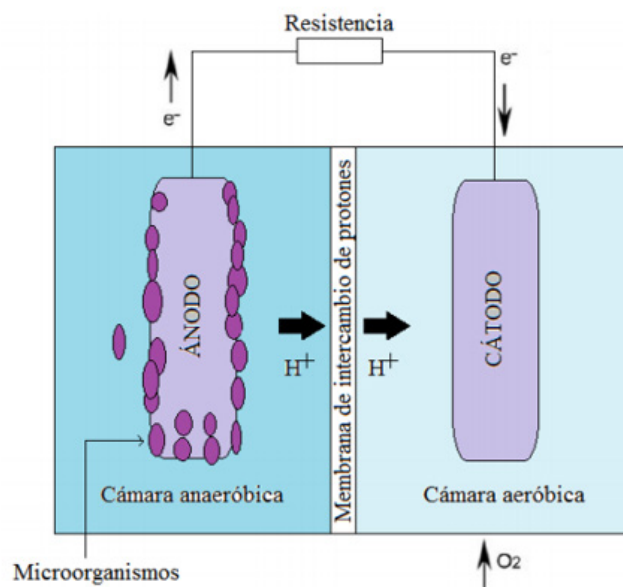


Figura 1. Representación de una celda de combustible microbiana

Fuente: Romero (2018)

El material de los electrodos debe estar constituido por un material conductor e inerte, de tal forma que no reaccione con los componentes de la celda, entre estos materiales está el grafito y acero inoxidable.

Los microorganismos encargados de producir electrones a través de su actividad metabólica son las bacterias electrogénicas que se encuentran en ambientes anaerobios como sedimentos de lagos y aguas estancadas (Alzate Gaviria, et al. 2008). Se ha observado, que el desempeño eléctrico de las CCM mejora al realizar una pre-aclimatación en el ánodo, es decir, permitir que se forme una capa de bacterias sobre su superficie, sin embargo, la ecología de los microorganismos ha sido poco estudiada, por lo tanto, conocer los procesos de colonización e invasión sigue siendo estudiados (Cercado et al. ,2010).

En esta investigación se diseñó y se utilizó una celda de combustible de dos cámaras con una membrana de intercambio protónico tipo PEM y dos electrodos de acero inoxidable y grafito, sin pre-aclimatación en el ánodo. El agua residual sintética se preparó a partir de lodos anaerobios provenientes de una zona de Túquerres, Nariño. La CCM se monitoreó a partir de parámetros eléctricos como voltaje, corriente, potencia y densidad de potencia.

Metodología.

La CCM fue construida a través de una impresora MakerBot Replicator, utilizando como material Ácido Poliláctico (PLA) y el fondo fue recubierto con plástico líquido (figura 2).



Figura 2. Celda de Combustible Microbiana impresa en ácido Poliláctico.

Tabla 1. Composición del Agua Residual Sintética

Reactivo	Cantidad
Glucosa ($C_6H_{12}O_6$)	4 g
Cloruro de amonio (NH_4Cl)	310 mg
Cloruro de potasio (KCl)	130 mg
Dihidrógeno fosfato de sodio monohidratado ($NaH_2PO_4 \cdot H_2O$)	5,72 g
Hidrogeno fosfato de sodio anhidro (Na_2HPO_4)	2,44 g

El agua residual sintética se preparó de acuerdo con los autores Oh et al (2004). Los micronutrientes y sustrato utilizado se muestran en la tabla 1.

Para activar la permeabilidad de la Membrana de Intercambio Protónico (MIP) se debe realizar un pretratamiento, el cual consistió en sumergir la MIP por una hora en cada uno de los siguientes reactivos: peróxido de hidrógeno al 30%, posteriormente sumergirla en agua desionizada, seguida de ácido sulfúrico al 0,5 M y finalmente en agua desionizada (Alzate Gaviria, et al. 2007).

La CCM se puso en funcionamiento colocando 12 g de lodo y 160 mL de ARS, en la cámara anódica, y 180 mL de buffer de fosfatos de pH 7 en la cámara catódica. En el ánodo se utilizó un electrodo de grafito de 12 cm x $\frac{3}{4}$ " y en el cátodo un electrodo de acero inoxidable de las mismas dimensiones. Además, se hizo una conexión de la cámara catódica a un aireador, por medio de una manguera. Para establecer el desempeño eléctrico de la CCM, se midió voltaje y corriente. El cálculo de potencia y densidad de potencia se realizó con las ecuaciones 1 y 2.

$$P = I \times V \quad (1)$$

Donde P: potencia media en Watts (W), I: Corriente eléctrica en Amperios (A), V: Voltaje en voltios (V)

$$DP = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Donde DP: Densidad de Potencia W/m², P: Potencia Watts (W) y A: es área del electrodo en m²

Resultados

La CCM trabajó durante 123 minutos, utilizando una resistencia de 920Ω . Se obtuvo una diferencia de potencial de 2,1 mV y una intensidad de corriente de $1,0\ \mu\text{A}$. El montaje de la Celda de Combustible Microbiana se muestra en la figura 3.



Figura 3. Montaje de la Celda de Combustible Microbiana.

La máxima potencia generada fue de 2,1 nW, en la figura 4 se observa como estaba disminuyendo a través del tiempo y al agregar 12 gramos de lodo (punto a), la potencia comienza a aumentar. Así mismo, en el punto b la potencia aumentó ligeramente debido a que se mejoró la aireación en la cámara catódica.

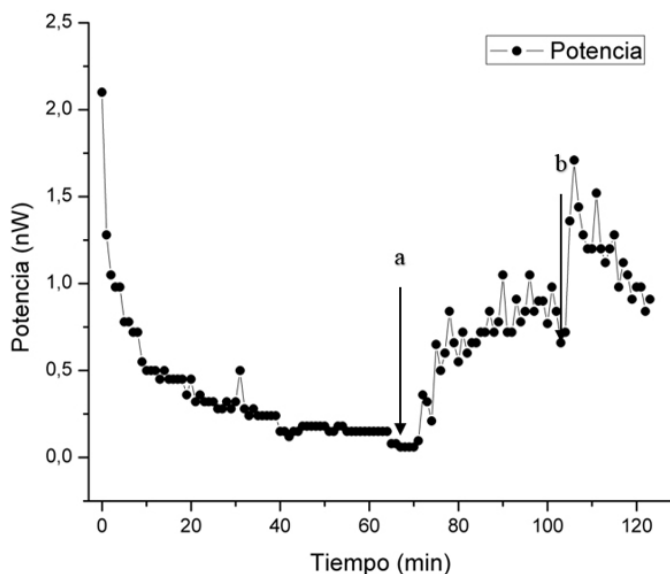


Figura 4. Potencia obtenida utilizando una resistencia de 920Ω .

La Densidad de Potencia (DP) máxima fue de $875\ \text{nW/m}_2$ o $8,7 \times 10^{-4}\ \text{mW/m}_2$. Franco y Ricaurte Vargas (2018) encontraron DP de $0,72\ \text{mW/m}_2$, Buitrón y Pérez (2011) DP de $14\ \text{mW/m}_2$ y Fajardo (2015) DP de $147,36\ \text{mW/m}_2$. Estos resultados están por debajo de los autores antes mencionados. La baja DP puede deberse a la deficiente concentración de lodo y de sustrato utilizado. Así mismo, la amplia variedad de microorganismos presentes en los lodos anaerobios puede limitar la producción de energía eléctrica (Liu & Logan, 2004).

Además, investigaciones anteriores demuestran que al aumentar el área del electrodo aumenta el desempeño eléctrico de la celda (Alzate Gaviria, et al. 2008).

Igualmente, realizar una pre-aclimatación en el ánodo puede ser limitante en el aumento del desempeño eléctrico (Revelo y Hurtado, 2013; Cercado et al. 2010).

Conclusiones

A partir de esta investigación es posible concluir que la Celdas de Combustible Microbiana generan electricidad a partir de agua residual sintética proveniente de lodos anaerobios, lo que lo hace un sistema atractivo para utilizarse en plantas de tratamiento de aguas residuales y suplir sus propios gastos energéticos.

También, se obtuvo que los parámetros de desempeños eléctrico están por debajo de los resultados alcanzados por otros autores. Por tanto, para lograr una mayor eficiencia eléctrica, en futuras investigaciones se recomienda realizar una pre-aclimatación en el ánodo, utilizar una mayor cantidad de lodo y de sustrato en la cámara anódica.

Se logró verificar que una adecuada oxigenación en la cámara catódica durante el funcionamiento de la CCM es limitante para aumentar la potencia eléctrica.

Referencias

- Alzate Gaviria, L., Fuentes Albarrán, C., Álvarez Gallegos, A., & Sebastian, P. J. (2008). Generación de Electricidad a partir de una celda de combustible microbiana tipo PEM. *Interciencia*, 33(7), 503-509.
- Alzate Gaviria, L. M., Sebastián, P. J., Pérez Hernández, A., &

Eapen, D. (2007). Comparison of two anaerobic systems for hydrogen production from the organic fraction of municipal solid waste and synthetic wastewater. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32 (15), 3141-3146. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2006.02.034>

Buitrón, G., y Pérez, J. (2011). Producción de electricidad en celdas de combustible microbianas utilizando agua residual: efecto de la distancia entre electrodos. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 14(1), 5-11.

Cercado Quezada, B., Line Delia, M., & Bergel, A. (2010). Treatment of dairy wastes with a microbial anode formed from garden compost. *Journal of Applied Electrochemistry*, 40, 225-232. doi:10.1007/s10800-009-0001-5.

Fajardo, D. (2015). Evaluación de la remoción de materia orgánica y el desempeño eléctrico en una celda de combustible microbiana con agua residual sintética. [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. Repositorio Institucional-Universidad de Nariño.

Franco, L., & Ricaurte Vargas, S. A. (2018). Evaluación de una Celda de Combustible Microbiana para el tratamiento

de agua residual del campus universitario Meléndez. [Tesis de pregrado, Universidad del Valle]: Repositorio Institucional-Universidad del Valle.

Liu, H., & Logan, B. (2004). Electricity generation using an air-cathode single chamber microbial fuel cell in the presence and absence of a proton exchange membrane. *Env. Sci. Technol*, 38, 4040-4046. <https://doi.org/10.1021/es0499344>

Oh, S., Min, B., & Logan, B. E. (2004). Cathode performance as a factor in electricity generation in microbial fuel cells. *Environ Sci Technol*, 38 (18), 4900-4904. <https://doi.org/10.1021/es049422p>

Revelo, D., Hurtado, N. H., & Ruíz, J. O. (2013). Celdas de Combustible Microbianas (CCMS): un reto para la remoción de materia orgánica y la generación de energía eléctrica. *Información tecnológica*, 24(6), 17-28.

Romero Ramayo, M. F. (2018). Determinación de la función de transferencia de una celda de combustible microbiana. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Comahue, Neuquén]. Repositorio Institucional-Universidad Nacional de Comahue.