

Generación de Bioelectricidad usando bacterias

Jimena Álvarez-Chávez.; Andrea Ramírez-Alfaro., Valeria Arellano-Lobato., Andrés Luna-Serratos.

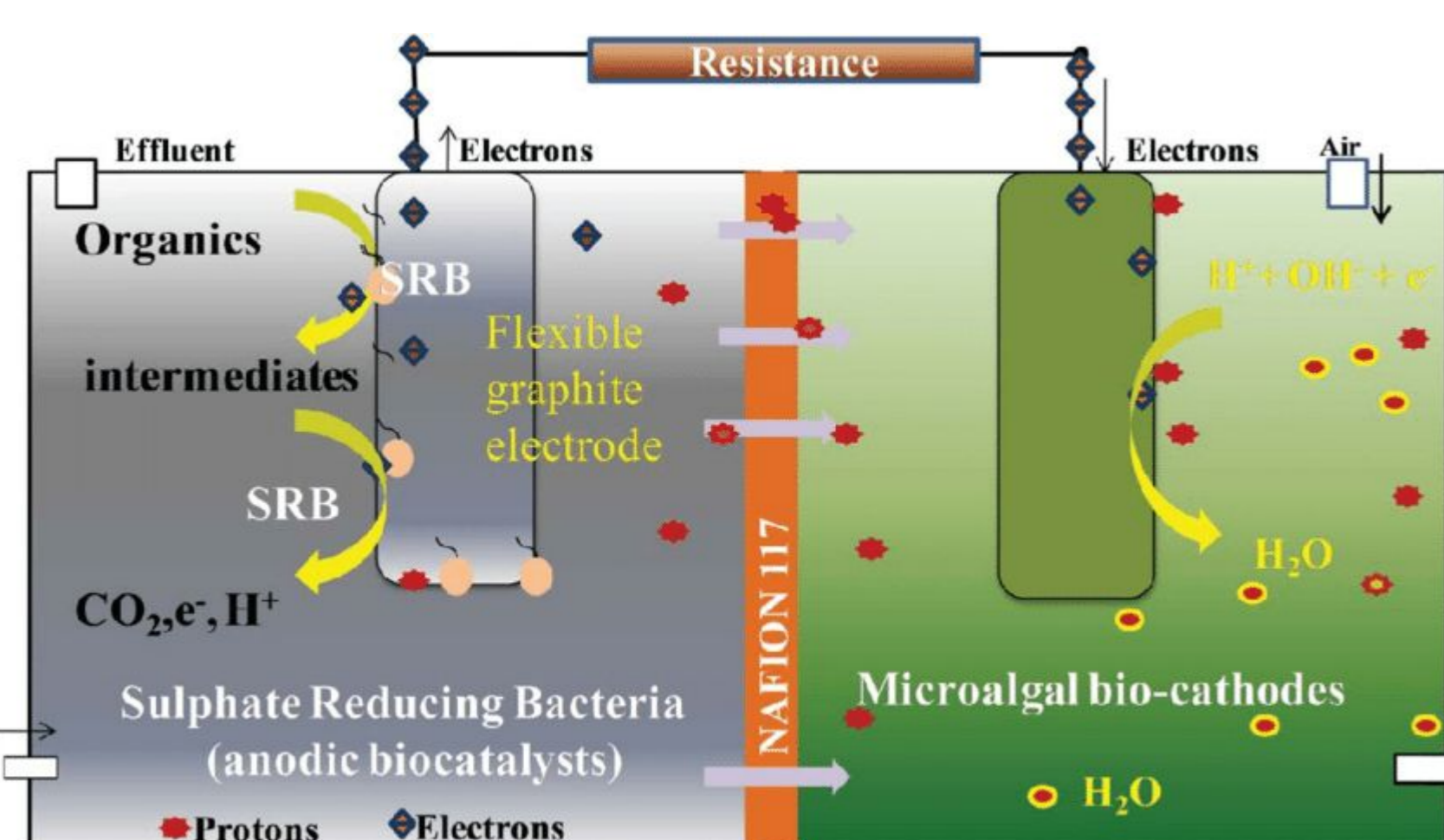
Laboratorio de Microbiología, Departamento de Bioingeniería, Tecnológico de Monterrey Campus Toluca. Eduardo Monroy Cárdenas 2000, San Antonio Buenavista 50110, Toluca, Estado de México.

Introducción

Hoy en día, la demanda de fuentes de energía se ha incrementado en gran cantidad, esta excesiva demanda de energía está generando problemas ambientales dado que las principales fuentes de producción de energía provienen de combustibles fósiles.

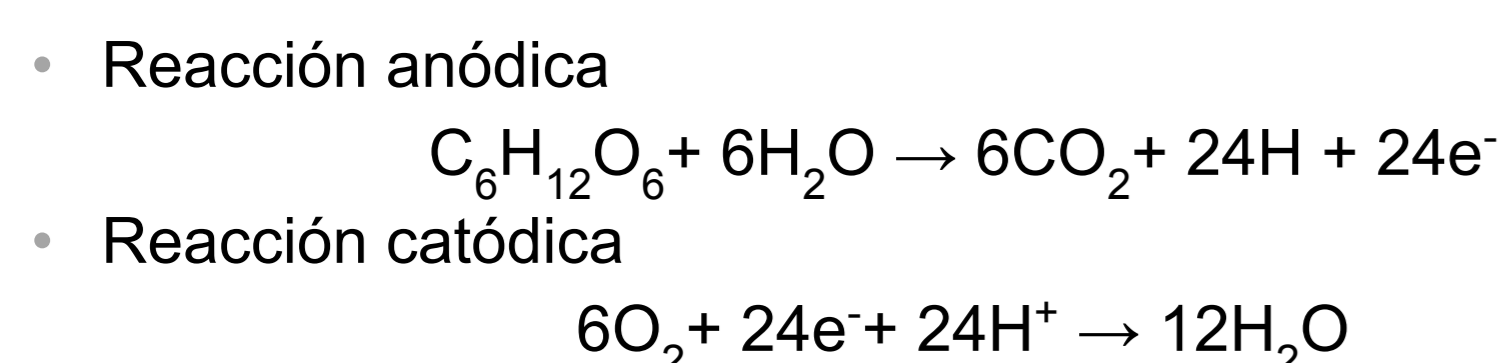
En los últimos años se han iniciado estudios sobre la producción de energía como la producción de la misma a través de bacterias. Dentro del proceso de eutrofización lo cual se define como la concentración de bacterias en un área específica en donde existe exceso de sedimentos y falta de movimiento se encontró la bacteria "Geobacter".

Estas bacterias cuentan con la capacidad de transmitir electrones a moléculas, óxidos de nitrógeno, sustancias de alto peso molecular. La Geobacter tiene la habilidad de transformar la energía química en eléctrica donde transfiere los electrones generados por la oxidación de compuestos orgánicos a electrodos logrando crear una celda de combustión biológica, mejor conocida como MFC por sus siglas en inglés (Microbial Fuel Cell) La cual podemos ver en la siguiente imagen recuperada de Kumar, et al.; 2018.



Una MFC funciona como un reactor bioelectroquímico que básicamente transforma como se mencionó antes la energía química en eléctrica pero debe estar en condiciones anóxicas pero en presencia de sulfatos o nitratos como agentes oxidantes.

La reacción generada dentro del reactor es la siguiente:



Dicho lo anterior podemos definir que con este estudio se espera generar bioelectricidad por medio de un sistema microbiano y vegetal y del mismo modo realizar un análisis de las condiciones fisicoquímicas e ingenieriles para buscar el mejor rendimiento del sistema.

Metodología

Recolección de muestras

Recolección de 3 muestras en Toluca, Estado de México:

- Lago del tecnológico de monterrey (Muestra 1)
- Rama del primer lago del Parque Alameda 2000 (Muestra 2)
- Segundo lago del Parque Alameda 2000 (Muestra 3)

Componentes para pila de combustible microbiana con muestras de lago

- Ánodo:** Muestras de lodo 1, 2 y 3
- Cátodo:** Soluciones Cloruro de Litio 1 M y Cloruro de Sodio 1M
- Conductor:** Soluciones salinas de Litio 1 M, Cloruro de sodio 2M y cable calibre 24

Preparación de E. coli

- Medio 1: E. coli con Arabinosa en medio LB
- Medio 2: E. coli en medio LB
- Medio 3: E. coli con Acetato de Sodio 1M

Componentes para pila de combustible microbiana con E. coli

- Ánodo:** Medios de cultivo con E. coli 1, 2 y 3
- Cátodo:** Soluciones Cloruro de Litio 1 M y Cloruro de Sodio 1 M
- Conductor:** Soluciones salinas de Litio 1 M, Cloruro de sodio 2M y cable calibre 24

Notas: Se realizaron mediciones con un multímetro, además de usar como ánodo una combinación en serie de los medios 1, 2 y 3 junto con las muestras 1, 2 y 3.

Resultados

Nota: de la muestra 2 se obtuvieron resultados sin variación por lo cual se descartó dicha muestra.

Se tuvieron variables controladas las cuales fueron cambiando para encontrar la combinación que arroja el mayor voltaje, éstas fueron: solución iónica, el puente, ánodo y cátodo. Todos los experimentos se realizaron con 50 mL de muestra o medio, en el ánodo y 50 mL de ácido acético 1M y variables definidas para optimizar el voltaje.

En la primera medición de voltaje con la muestra 1 (ánodo), se obtuvo el mayor voltaje de 470 mV con cloruro de litio 1M como solución iónica, cable de cobre calibre 24 en el puente, cable de cobre calibre 14 en el ánodo y cátodo. En la muestra 3 el mayor voltaje fue con cloruro de litio 1M, cable de cobre calibre 24 en el puente, cable de cobre calibre 14 en el ánodo y cátodo, arrojando un voltaje de 336 mV

Respecto a los medios, el medio 1 fue el que arrojó un voltaje más alto. Éste fue de 715 mV, el cual podemos ver en la tabla de abajo, arrojado con las condiciones de puente de cable de cobre calibre 24, en cuanto al ánodo y cátodo de grafito y la solución iónica de cloruro de litio 1M

Solución Iónica (cátodo)	Puente	Ánodo	Cátodo	Voltaje [mV]
Cloruro de litio 1M	Cable de cobre calibre 24	Cable de cobre calibre 14	Cable de cobre calibre 24	618
Cloruro de sodio 2M	Cable de cobre calibre 24	Cable de cobre calibre 14	Cable de cobre calibre 24	700
Cloruro de sodio 2M	Cable de cobre calibre 24	Cable de cobre calibre 14	Grafito	508
Cloruro de litio 1M	Cable de cobre calibre 24	Cable de cobre calibre 14	Grafito	116
Cloruro de litio 1M	Cable de cobre calibre 24 (pelado)	Grafito rodeado con cable de cobre calibre 24	Grafito	554
Cloruro de litio 1M	Cable de cobre calibre 24	Grafito	Grafito	715
Cloruro de sodio 2M	Cable de cobre calibre 24	Grafito	Grafito	470

A pesar de realizar un circuito en serie entre los diferentes medios y muestras, no fue posible superar el mayor voltaje arrojado por el medio 1.

Discusión

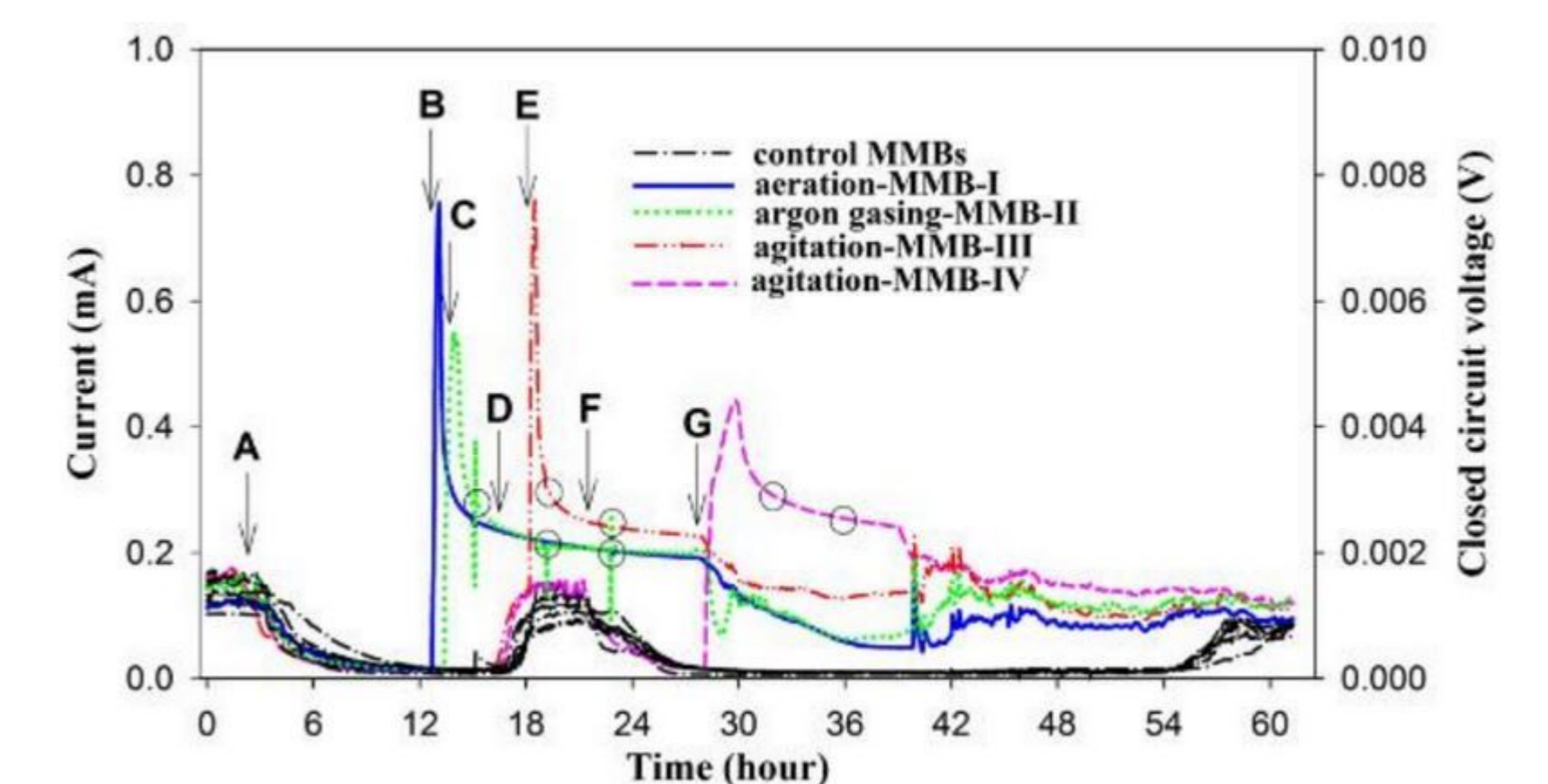
Al analizar los resultados obtenidos y conseguir un voltaje de 715 mV se encontraron varios factores que pueden influir en la variación de voltaje, el principal motivo se le atribuye a la presencia o ausencia de oxígeno en el medio y las soluciones, la agitación, concentración de las soluciones salinas y el tipo de microorganismo presente en el muestreo hecho.

La presencia de oxígeno en la cámara del ánodo podría ser un problema porque el oxígeno disuelto se encuentra en el proceso de tratamiento, particularmente a tasas de flujo altas, ya que la clave para lograr un CFM efectivo es la transferencia de electrones de las bacterias al ánodo, pero cuando el oxígeno está presente con una bacteria compatible con ella, oxidan su combustible con oxígeno en lugar de usar el electrodo, pero en el caso de que las bacterias presentes en el medio sean por naturaleza anaeróbicas el cambio a un medio rico en oxígeno influye, alterando el metabolismo y siendo así alteraron la eficiencia para generar energía, pues como se mencionó anteriormente, pueden vivir en condiciones anóxicas y por sí mismas son ricas en sustancias como nitratos o sulfatos que favorecen la transferencia de electrones. Un aspecto importante a destacar es que se encontró una relación lineal entre la cantidad de superficie expuesta y el grado de inhibición por la biocapa. (Winfield, et al.; 2019)

Aunque el MFC, según la literatura, funciona mejor con organismos de origen vegetal, como las algas, no se obtuvieron resultados sobresalientes de la muestra 3 de lodo, esto se atribuyó al cambio de oxígeno descrito anteriormente.

La presencia de oxígeno en el cátodo también se vio beneficiada en los resultados de voltaje, esto se atribuye a permitir que la solución esté en mayor contacto con el cátodo haciendo que la transferencia de electrones se mueva con mayor facilidad al mejorar el rendimiento. (Winfield, et al.; 2019)

Para corroborar la información sobre la influencia del oxígeno en el medio, se puede observar en la Figura 2. El comportamiento que se tomó con respecto al voltaje si el medio estaba agitado, se suministraba argón como gas, por aireación directa (suministro de oxígeno) y control. Lo cual se puede ver que favorece, ya que el flujo de turbulencias producido compensa constantemente la caída de corriente provocada por la falta de oxígeno. (An J.; et al.; 2010)



El experimento tuvo muchos factores a considerar, por lo que se recomienda realizar un diseño de experimentos que permita variar estos factores y conocer cuáles son los más relevantes y sus diferentes combinaciones, con el fin de obtener un MFC con mayor eficiencia y rendimiento.

Conclusión

Este trabajo tiene muchos factores y variables a considerar, se logró el objetivo principal, producir electricidad con bacterias. El voltaje más alto alcanzado fue de 715 mV, los contenedores más grandes producirían una cantidad de energía más importante.

Al desarrollar este procedimiento a mayor escala, se puede cambiar la forma en que el ser humano obtiene energía eléctrica para los diferentes usos que se le da. Además de los resultados obtenidos en este trabajo, se puede decir que la bioelectricidad es una opción sustentable para producir energía, esto porque con la corriente y voltaje adquiridos, de alguna manera se puede reemplazar las baterías actuales y brindar el mismo rendimiento. Además, para garantizar que este proceso sea sostenible, se podría crear un circuito cerrado con el CO2 generado por el proceso MFC para alimentar a las plantas que generan sedimento.

Referencias

- An, J., Lee, S. J., Ng, H. Y., & Chang, I. S. (2010). Determination of effects of turbulence flow in a cathode environment on electricity generation using a tidal mud-based cylindrical-type sediment microbial fuel cell. *Journal of environmental management*, 91(12), 2478-2482.
- Lefebvre, O., Tan, Z., Kharkwal, S., & Ng, H. Y. (2012). Effect of increasing anodic NaCl concentration on microbial fuel cell performance. *Bioresour. Technology*, 112, 336-340. doi:10.1016/j.biortech.2012.02.048
- Luo, H., Yu, S., Liu, G., Zhang, R., & Teng, W. (2016). Effect of in-situ immobilized anode on performance of the microbial fuel cell with high concentration of sodium acetate. *Fuel*, 182, 732-739.
- Mejia, A. A. R., Vázquez, J. A., & González, A. L. (2012). Bacteria, source of energy for the future. *Tecnura*, 16(32), 118-143.
- Strik, D. P., Hamelers, H. V. M., Snel, J. F., & Buisman, C. J. (2008). Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *International Journal of Energy Research*, 32(9), 870-876.
- Winfield, J., Greenman, J., & Ieropoulos, I. (2019). Response of ceramic microbial fuel cells to direct anodic airflow and novel hydrogel cathodes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(29), 15344-15354.