



Comparativo de dos fuentes de carbono en la generación de electricidad en un sistema de Celdas de Combustible

Monica Margarita Rodriguez Garza, Claudia Gabriela Cuellar Gaona, José Antonio Rodríguez de la Garza, Alma Idalia Soria Ortiz, Yolanda Garza García

Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo, Coah., monica.rodriguez@uadec.edu.mx, gabriela.cuellar17@hotmail.com, antonio.rodriguez@uadec.edu.mx, aso12390@hotmail.com, ygarza@uadec.edu.mx

RESUMEN:

Todo Los mayores desafíos que se tienen en la actualidad son el agotamiento de combustibles fósiles, la contaminación ambiental y el desarrollo de fuentes de energía renovables. Uno de los enfoques más prometedores es el uso de microorganismos para convertir la biomasa en energía.

Las celdas de combustible microbiano son biorreactores que utilizan microorganismos, generalmente bacterias para oxidar sustratos orgánicos y generar energía eléctrica durante la transferencia de electrones hacia un aceptor final; lo que las convierte en una tecnología prometedora para la producción directa de energía eléctrica a partir de diferentes tipos de sustratos, en esto radica la mayor importancia de este tipo de método. Algunas de las aplicaciones de este tipo de tecnología, son el tratamiento de agua residual, la producción de hidrógeno, desalinización de agua marina y la biorremediación de ecosistemas naturales.

El objetivo de este trabajo fue probar glucosa y acetato como sustratos orgánicos diferentes, para la generación de energía eléctrica mediante microorganismos anaerobios en un sistema de celdas de combustible microbianas de dos cámaras. El monitoreo de este sistema se realizó durante 173 horas de trabajo, registrando el voltaje de la celda y monitoreando la demanda química de oxígeno de la cámara anódica. Observamos que en un sistema de celda de combustible microbiano la generación de voltaje depende de la oxidación efectiva de la fuente de carbono.

Se demostró que la glucosa tuvo un mejor rendimiento en cuanto a la generación de electricidad en CCM, en comparación con el acetato. Esto se certifica, porque el rendimiento energético en ATP de la glucosa es mucho mayor en comparación con el acetato.

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible microbianas (CCM) son biorreactores que convierten la energía química de los enlaces en los compuestos orgánicos a través de reacciones catalíticas en los microorganismos, bajo condiciones anaerobias^[1,2].

La creciente demanda de energía en el mundo y el uso excesivo de combustibles fósiles han provocado serios problemas de contaminación ambiental y el calentamiento global de la tierra. Por lo que en la actualidad, numerosos grupos de investigación a nivel mundial se han enfocado en la búsqueda de fuentes alternativas de energía que contribuyan de manera sustentable a mitigar dicha demanda.

Este método es relativamente nuevo y ha tomado auge en los últimos 25 años debido a que los microorganismos pueden ser usados en estos sistemas para generar electricidad mientras llevan a cabo la biodegradación de materia orgánica o residuos presentes principalmente como contaminantes en el agua.

El hecho de que las bacterias pueden generar corriente eléctrica se conoce desde 1910 y fue reportado por primera vez por Potter en 1912. Teóricamente, la mayoría de los microbios, pueden



potencialmente, ser usados como catalizadores de en celdas de combustible microbianas, CCM (MFC siglas en ingles). Esto no generó mucho interés sino hasta la década de los 80's, cuando se descubrió que la densidad de corriente y la potencia podían mejorarse en gran medida con la adición de mediadores de electrones. El interés real en las celdas de combustible microbianas ha crecido enormemente en años recientes, tanto en términos de número de investigadores como en número de aplicaciones de estos sistemas.

Las celdas de combustible microbianas, conocidas también como MFC por sus siglas en inglés (Microbial Fuel Cell), resultan ser una opción prometedora para la generación de energía renovable y proporcionando nuevas oportunidades para desarrollo sustentable^[3].

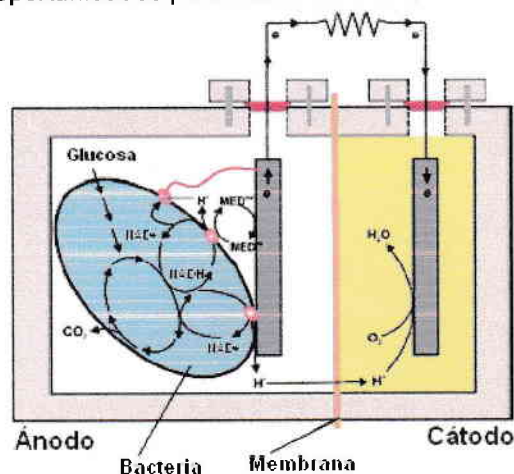


Figura1. Esquema de una celda de combustible microbiana de dos cámaras

Se han empleado una gran variedad de substratos en el ánodo para la generación de energía, incluyendo acetato, celulosa, aguas residuales municipales e industriales, etc. Se ha mejorado la tecnología y funcionamiento de la celda misma, sin embargo un factor común y que tiene gran relevancia, es la formación de la biopelícula microbiana en el ánodo.^[4]

2. PARTE EXPERIMENTAL

Se utilizó un sistema de celda de combustible microbiana de dos cámaras de Nylamid con un volumen de trabajo de 200 ml, conectadas, usando membrana de intercambio catiónico Ultrex® C-7000. Los electrodos usados en las CCM fueron de acero inoxidable recubiertos de grafito en ánodo y cátodo. Las CCM's se trabajaron en modo Batch y semicontinuo con recirculación y condiciones anaerobias en la cámara anódica, usando acetato y glucosa como donadores de electrones a pH7, y a temperatura ambiente.

Para el cátodo se usaron 100mL de una solución de Ferricianuro de Potasio $K_3Fe(CN)_6$ 0.05M, para cada celda.

El contenido de la cámara anódica de cada celda se describe a continuación

Celda #1, Blanco: En la primera celda se usó 20% (v/v) de lodo anaerobio y 80% (v/v) de agua destilada.

Celda #2, Acetato: En la segunda celda se usó 20% (v/v) de lodo anaerobio, y 80% (v/v) de una solución que contenía 3g/L de acetato como fuente de carbono y medio mineral.



Celda #3, Glucosa: En la tercera celda se usó 20% (v/v) de lodo anaerobio y 80% (v/v) de una solución que contenía 3g/L de glucosa como fuente de carbono y medio mineral. Las celdas se monitorearon por 24 horas a circuito abierto y posteriormente se colocó en el sistema una resistencia de 62.3MΩ (megaohms) durante 172 hrs de trabajo efectivo en las CCM.

Observamos en la Figura 2, el voltaje generado por las 3 celdas montadas. En un sistema de celda de combustible microbiano la generación de voltaje depende de la oxidación de la fuente de carbono. De manera muy clara, el voltaje registrado para la celda alimentada con acetato como fuente de carbono podemos observar que el máximo de voltaje se presenta aproximadamente a las 120 horas de trabajo en las celdas. La generación de voltaje en la celda alimentada con glucosa alcanza una tendencia de aumento exponencial a partir de 35 horas y se mantiene así hasta alcanzar un estado estable de generación de voltaje de 730 mV a partir de las 125 horas de trabajo.

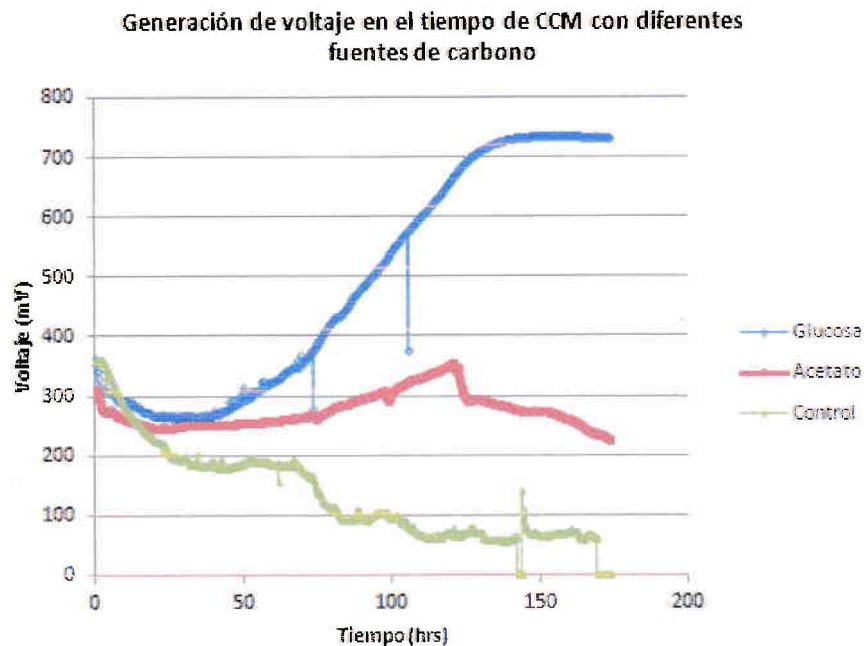


Figura 2. Generación de voltaje en las CCM con diferentes fuentes de carbono.

El período de adaptación de los microorganismos en todas las celdas fue de 35 horas en modo Batch. Después de este período adaptación de los microorganismos al medio, conforme avanzaba el tiempo se observa que la glucosa en comparación con el acetato tiene un incremento exponencial en corriente y potencia hasta alcanzar una potencia máxima normalizada de 0.043mW/m², Figura 3 y 4.

Potencia generada en las CCM

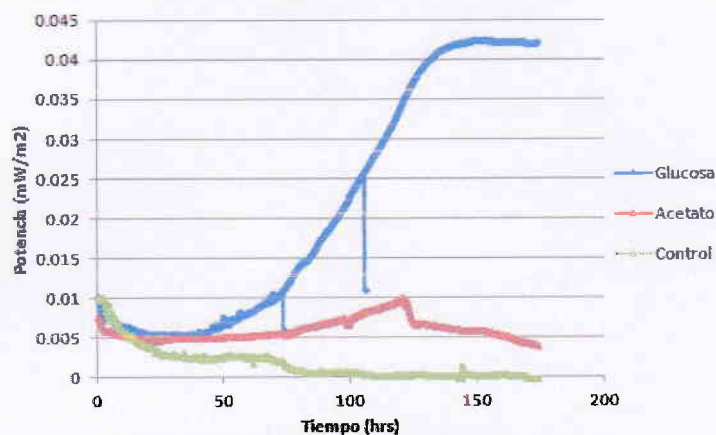


Figura 3. Potencia generada en las CCM.

Con los datos obtenidos durante la cinética en las diferentes celdas se calculó la Corriente (Amperes) y la Potencia (mW/m^2) generada normalizada al área del ánodo en las CCM. La potencia generada por las CCM se midió en mW/m^2 usando la ecuación de potencia para obtener los datos correspondientes a cada celda.

La figura No.3 nos muestra que al usar una resistencia de $62.3\text{M}\Omega$, la máxima potencia generada fue de $0.0423 \text{ mW}/\text{m}^2$ con un voltaje de 732 mV para la glucosa y $0.0396 \text{ mW}/\text{m}^2$ con un voltaje de 224 mV para el acetato.

La densidad de corriente más alta obtenida en la celda que contenía glucosa fue de $1.17\text{E}-7$ y para el acetato $3.59\text{E}-8$, esta diferencia de corriente se aprecia muy bien en la figura 4.

Corriente Generada en las CCM

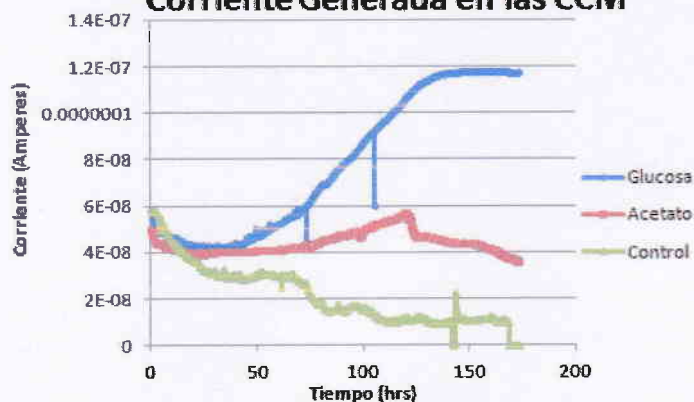


Figura 4. Corriente generada en las CCM.



3. CONCLUSIONES

Se demostró que la glucosa tuvo un mejor rendimiento en cuanto a la generación de electricidad en CCM, en comparación con el acetato.

Esto se certifica, porque el rendimiento energético en ATP de la glucosa es mucho mayor en comparación con el acetato.

Se probó que una Celda de Combustible Microbiana genera electricidad a través de microorganismos, por medio de la alimentación de estos, a través de diferentes sustratos orgánicos.

Con los resultados obtenidos Se puede observar como dependiendo del sustrato varia la eficiencia en cuanto a la generación de electricidad de las CCM.

El lodo anaerobio en una fuente de bacterias para CCM que se obtiene fácilmente p.ej, de una planta de tratamiento de aguas residuales, este tipo de lodo contiene un consorcio de microorganismos electroquímicamente activos.

Este tipo de celdas no requiere esterilización, la generación de electricidad depende de la capacidad de adaptación microbiana, debido a la diversidad de microorganismos presentes en el consorcio, y de los sustratos utilizados, como fuentes de carbono.

Se demostró que la glucosa tuvo un mejor rendimiento en cuanto a la generación de electricidad en CCM, en comparación con el acetato. Esto se certifica, porque el rendimiento energético en ATP de la glucosa es mucho mayor en comparación con el acetato.

BIBLIOGRAFÍA

1. Zhou M, Wang H, Hassetb DJ, Guc T: Recent advances in microbial fuel cells (MFCs) and microbial electrolysis cells (MECs) for wastewater treatment, bioenergy and bioproducts, J Chem Technol Biotechnol. 2012 wileyonlinelibrary.com, DOI 10.1002/jctb.4004
2. Lovley DR: Microbial fuel cells: novel microbial physiologies and engineering approaches, Elsevier, Curr. Biotech. 2006, 17:327-332.
3. Rabaey K, Clauwaert P, Aelterman P, Verstraete W: Tubular microbial fuel cells for efficient electricity generation, Environ. Sci. Technol. 2005, 39:8077-8082.
4. Rabaey K, Boon N, Höfte M, Verstraete W: Microbial phenazine production enhances electron transfer in biofuel cells. Environ. Sci. Technol. 2005, 39: 3401-3408.
5. Rabaey K, Lissens G, Verstraete W: Microbial fuel cells: performances and perspectives. Chap.20.
6. Rabaey K, Lissens G, Steven D, Verstraete W and Verstraete S: A microbial fuel cell capable of converting glucose to electricity at high rate and efficiency. Biotech. letters 2003, Kluwer academic publishers, 25:1531-1535.
7. Cheng S, Liu H, Logan BE: Increased performance of single-chamber microbial fuel cells using an improved cathode structure. Electrochem. commun. 2006. 8:489-494.
8. Gorby YA, Yanina S, McLean JS, Rosso KM, Moyles D, Donhalkova A, Beveridge TJ, Chang IS, Kim BH, Kim KS, Culley DE, Reed SB, Romine MF, Saffarini DA, Hill EA, Shi L, Elias EA, Kennedy DW, Pinchuk G, Watanabe K, Ishii S, Logan B, Nealsen KH, Fredrickson JK: Electrically conductive bacterial nanowires produced by *Shewanella oneidensis* strain MR-1 and other microorganism. PNAS 2006: V.103 No.30:11358-11363.