

Del desecho al hecho "Iluminate con tus desechos"

Arias Diosdado Alan, Gutiérrez Ortega Norma, Horta Rangel Antonio, Ramírez Ramírez Natividad

¿Sabías que?

Las celdas de combustible microbianas con plantas son una tecnología para el tratamiento de aguas residuales domésticas que se presenta como una alternativa para comunidades de escasos recursos que no cuentan con energía eléctrica. Estos sistemas bio-electroquímicos permiten generar electricidad a la vez que limpian el agua residual, funcionando como baterías biológicas, cuyo combustible son las aguas residuales.

¿Cómo funcionan?

El funcionamiento de estas celdas se basa en la capacidad de una comunidad microbiana (baterías electroactivas), que vive sobre un ánodo de grafito, de alimentarse de las sustancias liberadas por las raíces de las plantas y los contaminantes orgánicos presentes en el agua residual (figura 1). En este proceso las bacterias transfieren electrones al ánodo por medio de unos nano cables microbianos, estos electrones pasan a través de un cable hacia un cátodo metálico donde se juntan con el oxígeno y los protones, generando una corriente eléctrica.

¿Cuánta energía se obtiene?

Las bacterias obtienen la energía y los electrones que necesitan para vivir mediante una serie de reacciones químicas. En estas reacciones, utilizan una sustancia que dona electrones (llamada donador de electrones) y otra que los recibe (el aceptor de electrones). Para maximizar su energía, las bacterias eligen el donador de electrones con el potencial más bajo y el aceptor de electrones con el potencial más alto que puedan encontrar, ya sea que esté disuelto en el agua o no. La reacción en el ánodo utilizando acetato como donador de electrones (1) y la reacción de reducción de oxígeno (aceptor de electrones) en el cátodo (2), se pueden resumir como se muestra en la tabla 1:



Tabla 1. Reacciones involucradas en la generación de energía.

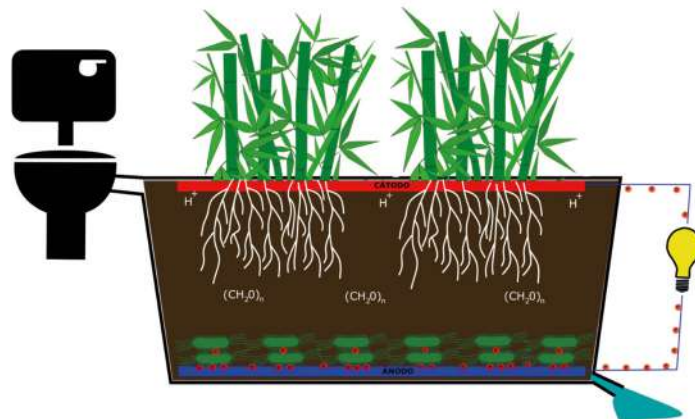


Figura 1. Esquema de una celda de combustible microbiana con plantas.

A partir de estas reacciones el potencial del ánodo y el catodo se pueden determinar aplicando la ecuación de Nernst (3-4):

$$E_{an} = E_{an}^{\circ} - \frac{RT}{8F} \ln \left(\frac{[CH_3COO^-]}{[H^+]^8[HCO_3^-]^2} \right) \quad (3)$$

$$E_{cat} = E_{cat}^{\circ} - \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{1}{[pO_2][H^+]^4} \right) \quad (4)$$

Donde

E_{cat} = potencial del cátodo (V)

E_{an} = potencial del ánodo (V)

E_{cat}° = potencial estándar del cátodo (298 K: 1M) (V)

E_{an}° = potencial estándar del ánodo (298 K: 1M) (V)

R = constante universal de los gases (8,314 J/mol K)

T= temperatura (298 K)

F= constante de Faraday (9,65 x 10⁴ C/mol)

4 ,8= número de electrones involucrados en la reacción

Tabla 2. Parámetros considerados en la ecuación de Nernst.

Bajo estas condiciones el potencial del ánodo en circuito abierto es de -0.289 V vs SHE (electrodo estandar de hidrogeno) y el del catodo es de +0,82 V vs SHE.

Del desecho al hecho "Iluminate con tus desechos"

Arias Diosdado Alan, Gutiérrez Ortega Norma, Horta Rangel Antonio, Ramírez Ramírez Natividad
pp. 2/2

El voltaje teórico máximo entre el ánodo y el cátodo se calcula mediante la ecuación (5):

$$E_{cell} = E_{cat} - E_{an} \quad (5)$$

Aplicando la ecuación (5) una celda de combustible microbiana que podría generar hasta 1.1 voltios de electricidad. Sin embargo, en la práctica, el voltaje real que se observa suele estar entre 0.2 y 0.5 voltios. Esto ocurre debido a diferentes tipos de pérdidas de energía en los electrodos, como la resistencia a que comience la reacción (polarización de activación), la concentración de los reactivos disponibles (polarización de concentración) y la resistencia interna de los materiales (pérdidas óhmicas).

Referencias:

Garbini GL, Barra Caracciolo A, Grenni P. Electroactive Bacteria in Natural Ecosystems and Their Applications in Microbial Fuel Cells for Bioremediation: A Review. *Microorganisms*. mayo de 2023;11(5):1255.

Salinas Juarez G. Estudio de la generación de electricidad en un humedal artificial asistido electroquímicamente [Internet] [Tesis de Doctorado]. [CDMX]: UNAM; 2016. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/11321?show=full>

Arias A. Diseño, formulación y caracterización de los elementos de una celda de combustible microbiana de biocátodo para el tratamiento de aguas residuales. [Internet] [Tesis de Maestría]. [GUANAJUATO]: UGTO; 2024. Disponible en: <http://www.repositorio.ugto.mx>

Rabaey K. Bioelectrochemical systems: a new approach towards environmental and industrial biotechnology. En: *Bioelectrochemical systems: from extracellular electron transfer to biotechnological application* [Internet]. IWA Publishing; 2009 [citado 20 de junio de 2024]. p. 1-16. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1854/LU-4238434>

Logan BE, Hamelers B, Rozendal R, Schröder U, Keller J, Freguia S, et al. Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology. *Environ Sci Technol*. 1 de septiembre de 2006;40(17):5181-92.