

Pilas de combustible microbianas: Una tecnología prometedora

M. J. Salar-García¹, V. M. Ortiz-Martínez¹, A. P. de los Ríos², F. J. Hernández-Fernández¹

¹ Universidad Politécnica de Cartagena

² Universidad de Murcia

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7558>

Las pilas de combustible microbianas son sistemas que, aprovechando el metabolismo microbiano, son capaces de producir electricidad a la vez que se depura agua residual. El desarrollo de esta tecnología permitirá paliar dos de los problemas más importantes en la actualidad: la falta de agua en zonas desérticas y la crisis energética mundial. En la cámara anódica de una pila de combustible, los microorganismos presentes en el agua residual a tratar degradan la materia orgánica que contiene la misma generando protones y electrones (Fig. 1). Los protones atraviesan un separador, normalmente una membrana intercambiadora de protones, hacia el cátodo. Los electrones circulan a través de un circuito externo hasta combinarse con los protones formando agua. Los resultados obtenidos hasta ahora son muy prometedores, sin embargo, el estudio de esta tecnología debe centrarse en mejorar su rendimiento en términos energéticos y reducir los costes, que permitirán un escalado viable. Este trabajo muestra los avances más recientes en pilas de combustible microbianas, más concretamente: materiales para los electrodos, tipos de separadores, configuraciones, tratamiento de distintos tipos de residuos, producción de bioenergía y modelado [1].

TIPOS DE SUSTRATO

Uno de los factores más importantes que afectan al rendimiento de las pilas de combustible es el tipo de sustrato utilizado y las características de los microorganismos presentes en él. Entre los más comunes destacan: glucosa, bioma-

sa lignocelulósica y diferentes tipos de agua residual [1, 2]. El debate en este punto radica en elegir entre sustratos simples y fáciles de degradar, lo que aumenta la producción, y complejos, con una amplia y activa comunidad microbiana.

ELECTRODOS

Otro punto fundamental en el diseño de estos dispositivos es la selección de los materiales y de las características de las superficies anódicas y catódicas. En el caso del ánodo, debido a su biocompatibilidad, el más común es el carbono en diferentes formatos como papel, tela, malla o fieltro, entre otros. Además de la composición, son fundamentales las propiedades superficiales del material seleccionado. Así, se han desarrollado diversos tipos de modificaciones que mejoran las propiedades superficiales facilitando la adhesión de las bacterias y la transferencia electrónica: i) físicos o químicos, ii) recubrimiento con materiales conductores y iii) uso de electrodos compuestos de metal-grafito.

En el caso del cátodo, los más comunes son el grafito, la tela y el papel de carbono. La diferencia con los materiales anódicos radica en que en este caso se precisa de un catalizador para

acelerar la reacción de reducción del oxígeno, normalmente platino. Actualmente, numerosos estudios intentan sustituir el platino por otro tipo de material más económico pero igual de eficiente (CoTMPP, FePc o MnPc) [1, 3].

SEPARADOR

En los últimos años, una gran variedad de separadores han sido objeto de estudio, tales como: membranas intercambiadoras de aniones (AEM), de cationes (CEM), membranas de microfiltración (MFM), de ultrafiltración (UFM) o bipolares (BPM). En función de sus propiedades de filtración, se pueden clasificar en las siguientes categorías: intercambiadoras de iones (IEMs), separadores selectivos de tamaño y puentes salinos. Las más comunes son las intercambiadoras de cationes Nafion y Ultrex. Nuevos trabajos muestran las ventajas de incorporar líquidos iónicos como fase líquida a estos separadores, debido a sus numerosas propiedades [1, 4].

CONFIGURACIONES Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las pilas de combustible microbianas pueden ser de una o dos cámaras. De una sola cámara, las más comunes son las de cátodo al aire, por ser las más fáciles de escalar y las que más rendi-

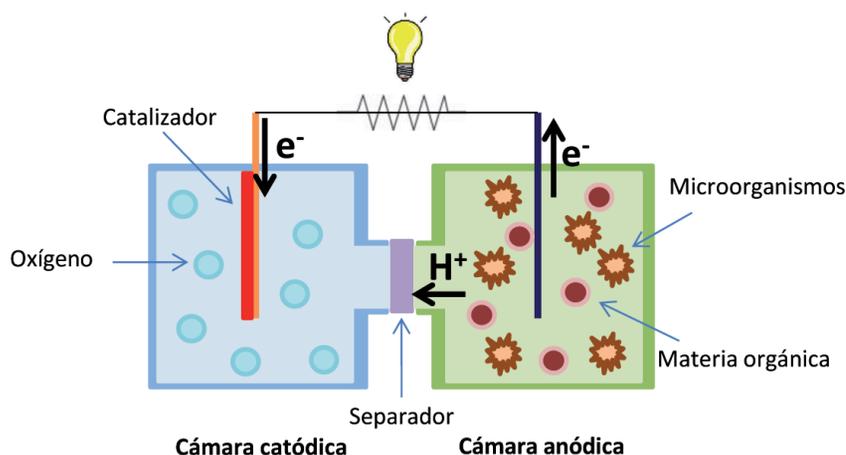


Fig. 1: Esquema de una pila de combustible microbiana

miento ofrecen. En el caso de las de doble cámara, el rango es mucho más amplio, ya que pueden ser: cilíndricas, empaquetadas, rectangulares, de flujo ascendente o en forma de U.

En cuanto a las condiciones de operación, el pH óptimo en el ánodo está entre 6-9 mientras que en el cátodo un pH bajo mejora la reducción del oxígeno. Además, los cambios de temperatura afectan fuertemente a la naturaleza y distribución de la comunidad microbiana. En cuanto a la carga orgánica, cuanto mayor sea mejor será el rendimiento, aunque si es demasiado alta puede producir numerosos inconvenientes (metanogénesis). Por último, una velocidad de alimentación alta, y por lo tanto un tiempo de retención hidráulico bajo, mejora la producción de corriente, aunque valores demasiado altos podría tener efectos negativos [1, 5].

MODELOS

El modelado de pilas de combustible microbianas es una herramienta útil para la mejora y optimización de esta tecnología. En las últimas dos décadas, nuevos modelos han estudiado los tipos de configuración más comunes (doble cámara y cámara simple, con o sin mediador) y han ido aumentando su grado de complejidad (1, 2 y 3D) y el grado de detalle de los procesos a estudiar (comportamiento y crecimiento del biofilm, actividad microbiana, competencia en-

tre bacterias anodófilas y metanogénicas, procesos de transporte de materia y calor, etc). El modelado de esta tecnología permite adoptar decisiones concretas sobre variables de operación para la mejora de su eficiencia (concentración óptima de sustrato, identificación del factor limitante del sistema, carga de resistencia externa, valor de pH óptimo, etc) con un importante ahorro en tiempo y costes experimentales. Se espera que nuevos modelos basados en pilas de combustible microbianas sean desarrollados, ya que su número todavía es escaso en comparación con trabajos experimentales [6].

PERSPECTIVAS DE FUTURO

Numerosos estudios posicionan a las pilas de combustible microbianas como la alternativa “verde” a los combustibles fósiles, ya que permiten generar electricidad a partir de diferentes tipos de agua residual a la vez que ésta es depurada. Sin embargo, a pesar de los numerosos avances de los últimos años, estos dispositivos precisan de numerosas mejoras en términos de materiales que reduzcan costes y aumenten su rendimiento, haciendo viable su escalado. Uno de los puntos más prometedores es la incorporación de líquidos iónicos en membranas intercambiadoras de protones que aumentan la conductividad reduciendo su resistencia interna, ofreciendo mejoras en términos

de rendimiento energético comparado con membranas comerciales como Nafion®117 [1].

REFERENCIAS

- [1] Salar-García MJ, Ortiz-Martínez VM, de los Ríos AP, Hernández-Fernández FJ, Sánchez-Segado S, Lozano-Blanco LJ. "Pilas de combustible microbianas: factores clave para su diseño". *Dyna Energía y Sostenibilidad*. Enero 2014. Vol.3. <http://dx.doi.org/10.6036/ES7081>
- [2] Pant D, van Bogaert G, Diels L, Vanbroekhoven K. "A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs)". *Bioresource Technology*. Marzo 2010. Vol. 101, p.1533-1543. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.017>.
- [3] Wei J, Liang P, Huang X. "Recent progress in electrodes for microbial fuel cells". *Bioresource Technology*. Octubre 2011 Vol. 102, p.9335-9344. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2011.07.019>
- [4] Li WW, Sheng GP, Liu XW, Yu HQ. "Recent advances in the separators for microbial fuel cells". *Bioresource technology*. Enero 2011. Vol. 102, p.244-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.090>.
- [5] Oliveira VB, Somoos M, Melo LF, Pinto AMFR, "Overview on the developments of microbial fuel cells". *Biochemical Engineering Journal*. Abril 2013. Vol. 73, p.53-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2013.01.012>
- [6] Ortiz-Martínez VM, Salar-García MJ, de los Ríos AP, Hernández-Fernández FJ, Sánchez-Segado S, Egea-Larrosa JA, Lozano-Blanco LJ. "Avances recientes en modelado y simulación de pilas de combustible microbianas". *DYNA* Noviembre 2014. Vol. 89, p.625-632. <http://dx.doi.org/10.6036/7082>.

