

## **Capítulo 5. Aplicaciones de las CMB**

Las CMB se encuentran en un proceso de investigación y desarrollo. Los reactores más grandes que se han reportado a la fecha, tienen un volumen interno del ánodo de 0.388 litros (Liu y col., 2004). Sin embargo, la intensa investigación que se ha venido realizando por diversos grupos de investigación a nivel mundial, ha logrado grandes avances en el desarrollo de las CMB y ha encontrado usos alternativos para esta tecnología que ya pueden aplicarse para solucionar problemas de gran importancia a nivel mundial. A continuación se mencionan algunas de las aplicaciones alternativas más importantes de las CMB.

### **5.1 Producción de hidrógeno**

Las CMB pueden ser modificadas de manera que se utilicen para la producción de  $H_2$ , por medio del proceso de electrólisis, esta modificación se puede realizar mediante la remoción del oxígeno de la cámara catódica y añadiendo un pequeño voltaje. Bajo condiciones normales de operación, los protones liberados por la reacción anódica migran al cátodo para combinarse con el oxígeno y formar agua. La generación de hidrógeno a partir de los electrones y protones producidos por el metabolismo de microorganismos en una CMB es termodinámicamente desfavorable. Por ello, la aplicación de un potencial externo para incrementar el potencial del cátodo en un circuito de CMB permite superar la barrera termodinámica. Así, los protones y electrones producidos por la reacción anódica se combinan en el cátodo para formar hidrógeno (ésto se logra en ausencia de oxígeno). El potencial externo requerido teórico para una CMB es 110mV, el cual es mucho menor que los 1210mV requeridos para llevar a cabo la electrólisis directa de agua a pH neutro, ésto se debe a que algo de energía proviene del proceso de oxidación de la biomasa en la cámara anódica. (Du y col., 2007)

Las CMB pueden potencialmente producir alrededor de 8 a 9 mol  $H_2$ /mol glucosa comparado con el típico 4 mol  $H_2$ /mol glucosa alcanzado en fermentaciones convencionales. (Liu y col., 2005b; Logan y Reagan, 2006a) Entre las ventajas que presenta este sistema para la producción de hidrógeno se encuentra la mejora en eficiencia debida a la ausencia de oxígeno en la cámara catódica y que el hidrógeno producido puede acumularse y almacenarse para su uso posterior.

### **5.2 Tratamiento de aguas residuales**

Recientemente, el tratamiento bioelectroquímico de aguas residuales ha emergido como una tecnología potencialmente interesante para la producción de energía de aguas residuales. El tratamiento bioelectroquímico de aguas residuales se basa en el uso de microorganismos electroquímicamente activos.

Los microorganismos electroquímicamente activos son capaces de transferir electrones extracelularmente y pueden usar este mecanismo para transferir electrones a un electrodo mientras oxidan la materia orgánica presente en las aguas residuales. Los microorganismos funcionan como un catalizador para la oxidación electroquímica de la materia orgánica, y el electrodo es por lo tanto

descrito como un biánodo microbiano. El proceso de tratamiento bioelectroquímico de aguas residuales puede ser modificado por una conexión eléctrica del biánodo a un electrodo auxiliar (cátodo) que desempeñará una reacción de reducción. Como resultado de esta conexión eléctrica entre el ánodo y el cátodo, las reacciones de los electrodos pueden ocurrir y los electrones pueden fluir del ánodo al cátodo produciendo así una corriente eléctrica (Rozendal y col., 2008).

Las aguas residuales provenientes de la industria, la agricultura y de las casas contienen materia orgánica disuelta que requiere removerse antes de descargarse al medio ambiente. Actualmente, existen procesos para remover los contaminantes orgánicos presentes en esta agua de desecho, la mayoría de estos procesos son tratamientos aerobios, los cuales consumen grandes cantidades de energía en el proceso de aireación. Sin embargo, el tratamiento de aguas residuales ha empezado a ser reconocido como una fuente renovable para la producción de electricidad lo cual podría emplearse para el mismo proceso de tratamiento de efluentes (Aelterman y col., 2006b; Logan y Reagan 2006a).

### **5.3 Biorremediación**

Existe también la posibilidad de modificar una CMB para utilizarla en procesos de biorremediación de suelos y aguas subterráneas. Aunque hay quienes argumentan que al ser modificadas ya no son CMB reales, ya que no producen electricidad, el principio de operación es similar y se usa la tecnología de las CMB para cumplir estos objetivos. Las bacterias no son solo capaces de donar electrones a un electrodo, también pueden aceptar electrones del mismo. Al modificar una CMB convencional, ésta no se usa para producir electricidad, en lugar de esto, se aplica una corriente al sistema para llevar a cabo la reacción deseada y así remover o degradar, por ejemplo U(VI) soluble a U(IV) insoluble. Es por esto que se ha propuesto su aplicación en sitios contaminados por metales pesados como U(VI). Una estrategia simple para prevenir posibles contaminaciones con uranio es adicionar un donador orgánico de electrones, como acetato a las aguas subterráneas. El acetato estimula el crecimiento de especies de *Geobacter*, las cuales obtienen la mayoría de su energía con la oxidación del acetato y la reducción de los óxidos de Fe(III), los cuales son abundantes en la mayoría del subsuelo. Como las aguas subterráneas que contienen U(VI) entran a una zona de adición de acetato, las especies *Geobacter* también transfieren electrones de U(VI) soluble reduciéndolo a U(IV) el cual es altamente insoluble. Esto previene la futura migración de uranio, ya que queda secuestrado en el suelo. Así, cuando un electrodo sirve como donador de electrones al U(IV) que es producido, precipita en la superficie del electrodo. El uso de esta tecnología para este fin ayuda con los problemas de contaminación ambiental, ya que no solo previene la movilidad del uranio, si no también, se puede extraer con bicarbonato cuando se retiran los electrodos de los lugares en los que operaron y posteriormente pueden reutilizarse dichos electrodos (Gregory y col., 2004; Gregory y Lovley, 2005).

## 5.4 Biosensores

Datos del medio ambiente pueden ser útiles para entender y modelar respuestas de los ecosistemas, aquí nace una aplicación importante para las CMB, las cuales pueden emplearse para monitorear ambientes de tres maneras diferentes como se explica a continuación.

Los sistemas distribuidos en ambientes naturales requieren energía para su operación. Las CMB pueden ser usadas como dispositivos que proporcionan dicha energía, particularmente en ríos y aguas profundas marinas donde es difícil acceder de manera continua al sistema para reemplazar baterías. Celdas combustibles en sedimentos han sido desarrolladas para monitorear sistemas ambientales como son arroyos, ríos y océanos (Logan y Reagan, 2006a).

Otra aplicación importante en el campo de los biosensores es el monitoreo de compuestos tóxicos. Las bacterias muestran una baja actividad metabólica cuando son inhibidas por compuestos tóxicos. Esta inhibición causa una baja transferencia de electrones hacia el electrodo. De esta forma, un biosensor puede construirse inmovilizando una bacteria en el electrodo de una CMB y protegiéndola detrás de una membrana. Si un compuesto tóxico se difunde a través de la membrana, éste puede medirse por el cambio en el potencial del sensor. Dichos sensores pueden ser de utilidad como indicadores de sustancias tóxicas en ríos o en la entrada de plantas de tratamiento de aguas (Meyer y col., 2002; Chang y col., 2004; Rabaey y col., 2005d)

Aparte de las aplicaciones antes mencionadas, otra aplicación potencial de la tecnología de las CMB es usarla como un sensor para análisis de poblaciones y un control de procesos *in situ*.