

## SISTEMAS BIOELECTROQUÍMICOS APLICADOS A LA REMEDIACIÓN DE EFLUENTES Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

El agotamiento actual de los recursos mundiales no renovables y la necesidad de reducir los efectos antropogénicos en el medio ambiente han alentado el desarrollo de nuevos sistemas de producción y plantas de tratamiento de residuos.

Se estima que la materia presente en el conjunto de los efluentes (domésticos, agrícolas e industriales) contiene alrededor de  $1,5 \times 10^{11}$  kWh de energía potencial, por lo que se considera en la actualidad a las aguas residuales como un recurso renovable para la producción de electricidad, combustibles y otros productos químicos. Actualmente, el tratamiento bio-electroquímico de aguas residuales representa un enfoque biotecnológico novedoso y prometedor, apuntando a la neutralidad energética al permitir el tratamiento de efluentes acoplado a la producción de energía renovable y limpia.

Los sistemas bioelectroquímicos son dispositivos que involucran reacciones electroquímicas catalizadas por microorganismos, permitiendo la extracción de energía de la respiración anaeróbica microbiana. Estos sistemas se basan en la capacidad de los microorganismos electrogénicos, como las bacterias del género *Geobacter* y *Shewanella*, de transferir electrones extracelularmente durante la respiración celular.

Básicamente, los microorganismos electrogénicos oxidan compuestos, como el acetato, en el citosol y obtienen energía catalizando la transferencia de electrones a través de la cadena respiratoria a un aceptor final fuera de la célula, como óxidos de hierro (III) en su medio natural, o incluso un electrodo en un medio controlado. Este paso final es efectuado mediante mecanismos de transferencia extracelular de electrones (EET, por su sigla en inglés Extracellular Electron Transfer).

Los electrones derivados del metabolismo microbiano pueden aprovecharse para producir trabajo en una celda de combustible microbiana (MFC, por su sigla en inglés Microbial Fuel Cells), o pueden ser usados para sintetizar productos de alto valor en el cátodo. Por ejemplo, las celdas electrolíticas microbianas (MEC, por su sigla en inglés Microbial Electrolysis Cells) son reactores de electrólisis biocatalizados empleados en la producción de hidrógeno.

Además, se han diseñado BES (Bio Electrochemical Systems) donde los electrones pueden ser usados para reducir óxidos de diferentes metales, como Au(III), Ag(I), Cu(II), V(V), Cr(VI), Hg(II) y U(VI). Los metales reducidos se depositan sobre el electrodo o precipitan al fondo del reactor pudiendo ser recuperados.

De esta manera, los BES representan una plataforma tecnológica versátil capaz de: convertir los contaminantes orgánicos disueltos en aguas residuales en una fuente de energía renovable, recuperar productos de valor o contaminantes, como metales pesados, preciosos o radiactivos, y transformar algunos compuestos químicos en productos valiosos, como metano o piruvato.

La producción de energía empleando BES está demostrada y se han alcanzado avances en su rendimiento, con densidades de potencia de más de  $1 \text{ kW/m}^3$  (volumen del reactor) para el caso particular de las MFC y de  $1,5 \text{ LH}_2/\text{L}$  para las MEC. Los esfuerzos actuales están orientados a convertir estas tecnologías en aplicaciones prácticas, llevándolas a mayores escalas. Entre estos esfuerzos, se apunta a mejorar el diseño de los electrodos, bajar el costo de los materiales empleados y emplear microorganismos más eficientes para el proceso.

Esta tecnología abre la posibilidad a desarrollar dos proyectos diferentes:

- a) Desarrollo de un método simple y escalable de producción de electrodos a base de hidrogeles de grafeno para ser empleados como ánodos en BES.
- b) Reducción e inmovilización de metales pesados presentes en efluentes contaminados mediante biofilms de microorganismos electrogénicos crecidos sobre electrodos.

### Objetivo general

El objetivo general de este proyecto es contribuir al desarrollo de distintas aplicaciones de BES. Por un lado, aquellos BES que permitan alcanzar la bioremediación eficiente de efluentes contaminados con compuestos orgánicos (efluentes cloacales e industria alimenticia, principalmente) acoplada a la producción de hidrógeno. Por otro lado, buscamos desarrollar BES capaces de remediar efluentes contaminados con metales pesados, como es el caso de Cr(VI) y U(VI), con eventual recuperación de alguno de ellos.