

**ARTÍCULOS**

Actualidad
Perdidas no técnicas
Ahorro de energía
Seguridad
Tecnología
Energías alternativas
Antigüedad eléctrica
Laboratorio

TECNOLOGÍA**Bacterias: Una nueva fuente de energía**

Las bacterias que producen electricidad despiertan una gran curiosidad: su potencial utilización en gran escala podría representar una nueva fuente de energía amigable con el ambiente. Sin embargo, se conoce muy poco sobre los mecanismos moleculares de este fenómeno. Ahora, investigadores argentinos y españoles lograron identificar, mediante la utilización de una novedosa técnica electroquímica, cuáles son las moléculas clave en la producción de corriente.

"Hasta el momento se sospechaba cuál es la identidad de estos microorganismos, pero no existía ninguna medida directa que demostrase cuáles eran las moléculas que transportan los electrones. Usando espectroscopía en el infrarrojo, demostramos que son citocromos del tipo C", destaca el argentino Juan Pablo Busalmen, del Laboratorio de Bioelectroquímica, del Instituto de Tecnología de Materiales (Conicet) y de la Universidad Nacional de Mar del Plata.



Los citocromos son proteínas involucradas en la respiración en animales, plantas, organismos fotosintéticos y también en bacterias. La bacteria que protagonizó el estudio se llama *Geobacter sulfurreducens*, considerado uno de los microorganismos más promisorios a la hora de pensar en nuevas alternativas energéticas.

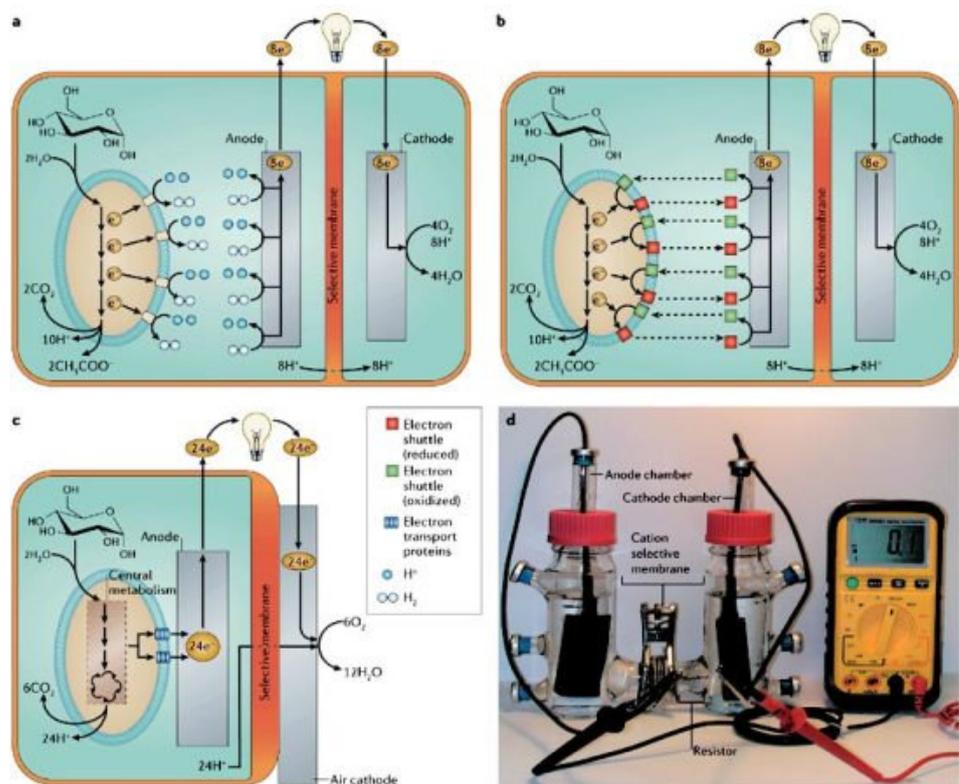
El trabajo de investigación fue dado a conocer recientemente en la versión online en la revista *Angewandte Chemie International Edition* de la Sociedad Química Alemana (y será publicado el 16 de este mes en la edición impresa). Además, fue presentado el 28 de mayo en el I Simposio Internacional de Celdas de Combustible Microbianas, realizado en la Universidad Estatal de Pennsylvania, Estados Unidos.

A diferencia de otras bacterias que no poseen los citocromos del tipo C y no generan electricidad, la característica distintiva de la bacteria estudiada es que porta esas proteínas en su membrana externa. Por eso, los autores señalan que es fundamental comprender cómo estas moléculas intervienen en la comunicación entre la bacteria y los electrodos (es decir, funciona como un material conductor que "acepta" los electrones), para así optimizar la generación de corriente eléctrica.

Técnica pionera

Para identificar las moléculas transportadoras de electrones, los investigadores implementaron una avanzada técnica de espectroscopía infrarroja que les permitió trabajar in vivo, sin "molestar" a las bacterias. Las depositaron sobre un electrodo muy delgado de oro y las iluminaron con luz infrarroja a través de un prisma triangular.

"Luego, medimos la cantidad de la luz absorbida, y como ésta depende de los enlaces químicos característicos de cada tipo de molécula, pudimos identificar con gran precisión las moléculas que estaban tocando el electrodo mientras se producía corriente", contó Busalmen, que realizó este trabajo en el Instituto de Electroquímica de la Universidad de Alicante, España.



Copyright © 2006 Nature Publishing Group
Nature Reviews | Microbiology

"Algunas bacterias respiran oxígeno, al igual que las células humanas, y otras respiran otra cosa, como sulfatos, nitratos u óxidos de hierro o manganeso. En el nivel celular, la respiración es un proceso de transporte de electrones", explicó Busalmen, experto en bioelectroquímica.

El doctor Osvaldo Yantorno, profesor del Departamento de Química en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata, que no participó de la investigación, opinó que es un trabajo muy novedoso.

"El estudio de bacterias que producen electricidad constituye una interesante estrategia, que de poder saltar de la escala de laboratorio a la industrial permitirá contar con al menos una nueva fuente de energía renovable para resolver la falta de hidrocarburos –dijo-. El trabajo reportado por Busalmen y colaboradores del Instituto de Electroquímica de la Universidad de Alicante, España, avanza en la elucidación de los mecanismos por medio de los cuales las bacterias transportan electrones a la superficie de electrodos sólidos", agregó el doctor Yantorno.

Mirada astrobiológica

El equipo de investigadores está integrado por un astrobiólogo, el español Abraham Esteve-Núñez, del Laboratorio de Ecología Molecular del Centro de Astrobiología de Torrejón de Ardoz, España. Sucede que investigar la transferencia de electrones que realizan estos microorganismos a los electrodos es útil para entender cómo pudieron haberlo hecho hace millones de años sobre los minerales de hierro del subsuelo terrestre. Y quizá también en otros planetas (por ejemplo, Marte, que es rico en hierro). Esteve-Núñez se especializa en investigar la respiración microbiana de sustratos insolubles como el hierro. "Todo comenzó con el gran interés por conocer los microorganismos que respiran hierro y que habitan de forma natural en el subsuelo de la tierra. Es un metabolismo antiquísimo, muy anterior a la aparición de oxígeno sobre la superficie de la tierra", destaca Esteve-Núñez.



El especialista señala que el microorganismo más extremófilo en su capacidad de resistir temperatura (121 grados centígrados) fue descubierto en el interior de chimeneas submarinas hace cinco años. Se trata de una bacteria que "respira" hierro. "La conexión con la producción de electricidad viene por el hecho de que las bacterias que respiran hierro son las que producen electricidad de forma más eficiente", agrega.

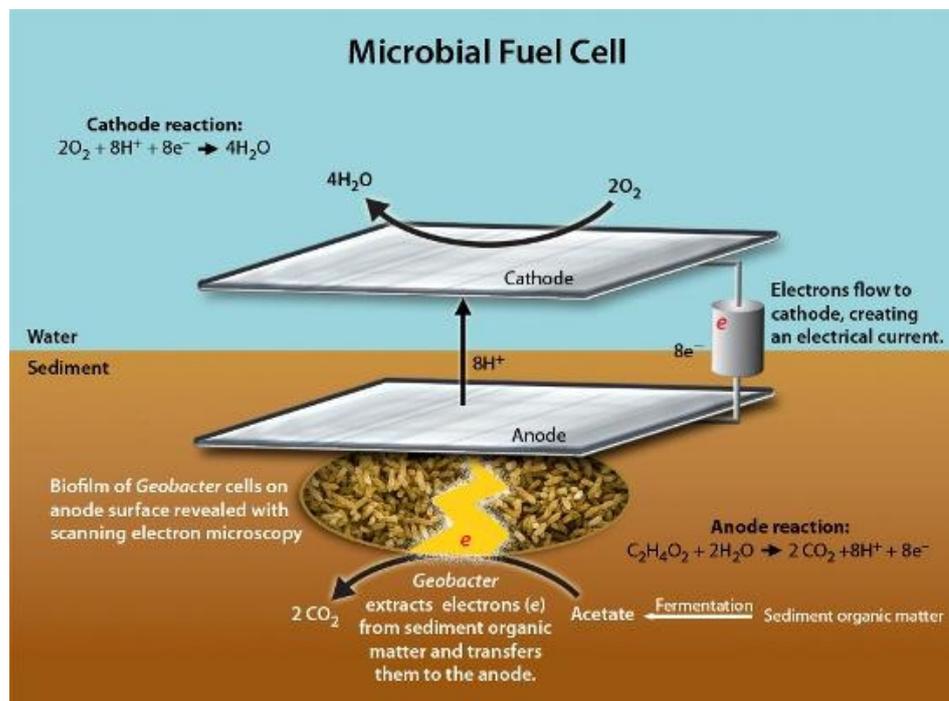
Con todo, los investigadores destacan los beneficios de las bacterias que producen electricidad: son inocuas para el ambiente, degradan contaminantes y, si bien por ahora no sirven de combustible para automóviles, son de utilidad para alimentar equipos de bajo consumo en lugares aislados, donde no llegan los tendidos eléctricos.

En la actualidad, la cantidad de energía que se obtiene de las bacterias en el laboratorio es reducida, alrededor de los 350 miliwatts por metro cuadrado (mW/m²), y con un voltaje de 0,5 volts. Y tienen como ventaja que, además de producir electricidad, ayudan a biorremediar los ambientes contaminados. Por eso, los científicos miran cada vez con más interés el potencial futuro de las bacterias "electrogénicas".

Bacterias productoras de electricidad

El uso incontrolado de los combustibles fósiles ha disparado una crisis energética global, incrementado el interés por obtener fuentes de energía renovables con el mínimo impacto en el medio ambiente. Hasta ahora el compromiso energético de la microbiología ambiental se había dirigido a optimizar la producción de hidrógeno, aprovechar el metano generado en los tratamientos de aguas residuales, o generar biocombustibles como el etanol o el biodiesel. Sin embargo, el reciente descubrimiento de bacterias capaces de convertir energía química en eléctrica sugiere la aparición de una nueva forma de energía verde, cuya explotación supondrá un importante reto biotecnológico en los próximos años.

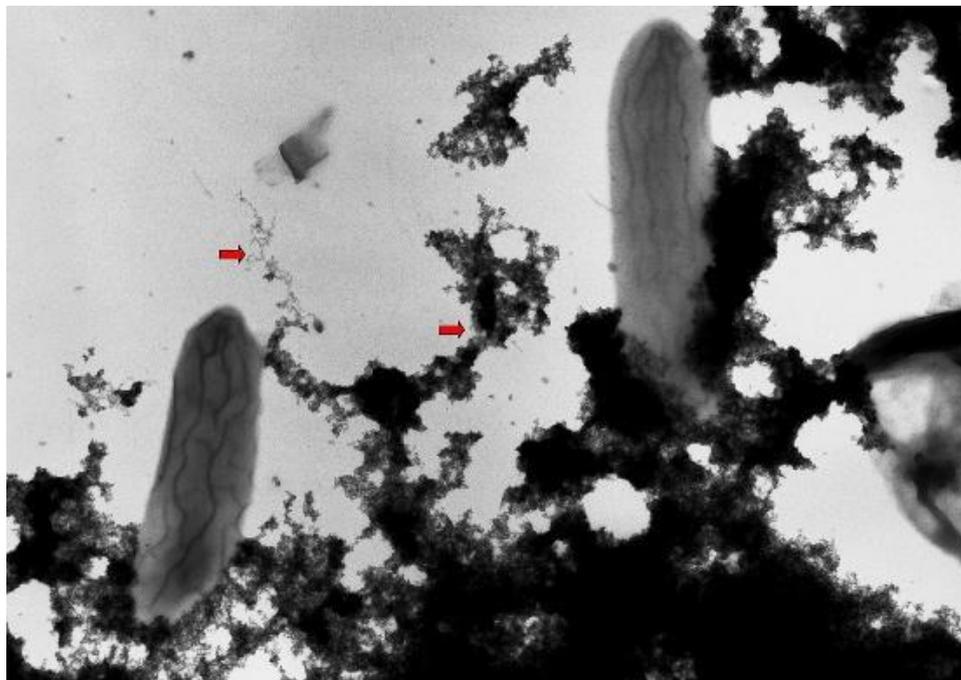
La conversión de energía química en eléctrica es posible en ciertos dispositivos electroquímicos denominados células o pilas de combustible ("Fuel Cells"), donde la electricidad se obtiene a partir de una fuente externa de combustible químico que suele ser hidrógeno o etanol. Una variante reciente es la célula de combustible microbiana (Microbial Fuel Cell, MFC).



En las MFC se emplean bacterias para oxidar el combustible, materia orgánica, y transferir los electrones a un electrodo (ánodo), que está conectado a un cátodo a través de un material conductor que contiene una resistencia. La cámara que alberga estos electrodos, la anódica (que suele ser anaeróbica, ya que el proceso de transferencia de electrones lo suelen hacer bacterias que respiran sustancias diferentes al oxígeno) y la catódica, están comunicadas por una membrana de intercambio catiónico que permite el paso de protones. De esta forma, los protones generados en la oxidación de la materia orgánica se combinan con el oxígeno y con los electrones que llegan al cátodo para formar agua.

Los análisis de las comunidades microbianas asociadas a los ánodos de las MFC muestran una gran diversidad de géneros bacterianos dependiendo de la naturaleza del inóculo, del combustible y del tipo de MFC utilizada. Uno del grupo de microorganismos que se ha mostrado como muy eficaz en la transferencia de electrones a una MFC es el de la delta-proteobacterias, y en concreto el género *Geobacter*.

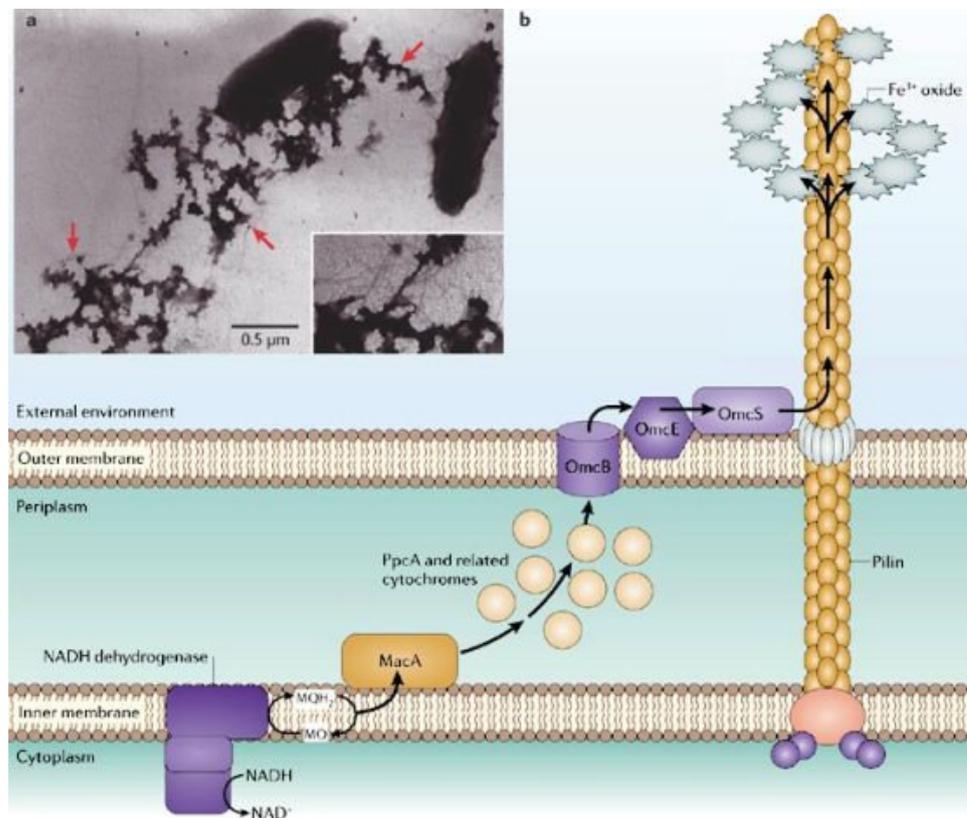
La gran revolución en el campo de las MFC se ha producido en el último lustro, con el descubrimiento de microorganismos electrogénicos que son capaces de transferir los electrones al ánodo en ausencia de mediadores redox artificiales. Podemos distinguir dos tipos de bacterias electrogénicas, aquellas que producen sus propios mediadores redox, que son secretados al medio y reaccionan con el electrodo, y aquellas que interaccionan de forma directa con el electrodo sin mediador soluble alguno. Así por ejemplo se han descrito que *Shewanella* secreta riboflavinas que actúan como mediadores redox entre la bacteria y el electrodo. En el segundo grupo, el de la transferencia directa por contacto bacteria-electrodo se encuentran las bacterias del género *Geobacter*. Otros microorganismos como *Rhodoferrax ferrireducens*, *Aeromonas hydrophila*, *Clostridium butyricum* y *Enterococcus gallinarum* también tienen la capacidad de ceder electrones, pero por mecanismos aún no conocidos.



Las bacterias del género *Geobacter* son habitantes de forma natural del subsuelo y durante millones de años han utilizado los óxidos de hierro insolubles como aceptores de electrones para oxidar la materia orgánica. Los mecanismos responsables de establecer una comunicación redox entre la bacteria y la superficie de los óxidos de hierro han contribuido a "dar forma" a la corteza terrestre, y comprenderlos constituye uno de los retos de la microbiología medioambiental. *Geobacter* es capaz de producir magnetita en ambientes sedimentarios, así como de respirar uranio, biodegradar anaeróbicamente compuestos aromáticos contaminantes, respirar ácidos húmicos en ambientes naturales o transferir electrones a electrodos, con la consiguiente producción de electricidad, por medio de pili conductores ("nanowires").

Cuando Yuri Gorby descubrió que un microbio que transforma metales tóxicos puede hacer brotar diminutos cables eléctricamente conductores de su membrana celular, razonó que esta rareza anatómica y su fisiología capaz de modificar metales debían estar relacionadas. Un colega que había oído la presentación de Gorby en una reunión científica informó después que también él fue capaz de lograr nanocables de otra especie de bacteria reductora de metales, y además sugirió que los cables podrían usarse para fabricar diminutos dispositivos eléctricos mediante técnicas de bioingeniería.

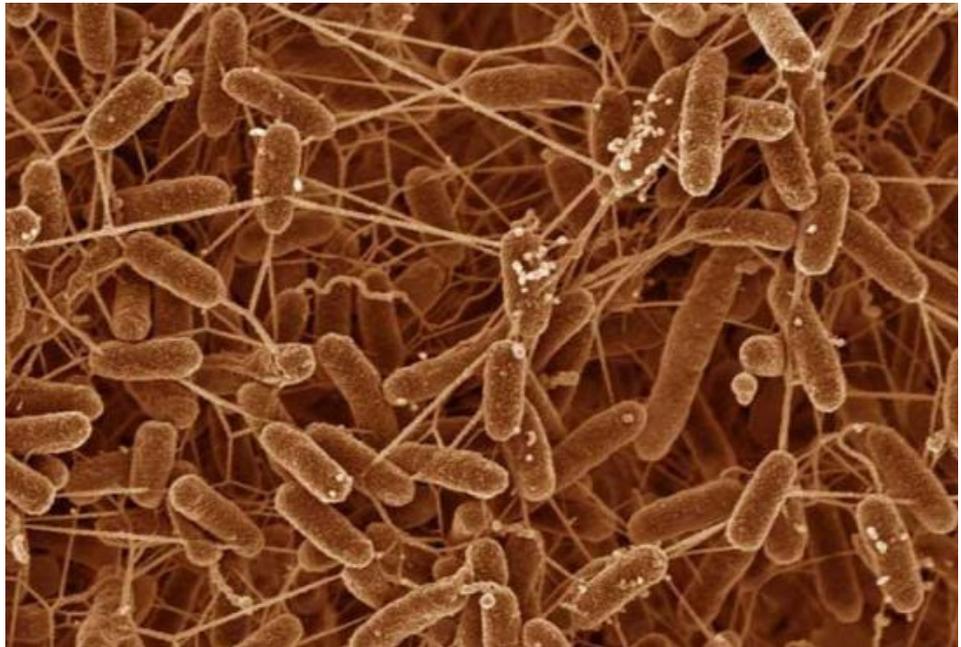
Ahora resulta que muchas otras bacterias, incluso especies involucradas en la fermentación y la fotosíntesis, también pueden formar cables bajo diversas condiciones medioambientales. "La Tierra parece estar 'cableada'", afirma Gorby, científico del laboratorio PNNL (Pacific Northwest National Laboratory), quien ha documentado la aparente ubicuidad de vida microbiana eléctricamente conductiva. En una serie de experimentos, Gorby y sus colegas indujeron la formación de nanocables en una amplia variedad de bacterias, y demostraron que eran eléctricamente conductores. Los nanocables bacterianos son muy pequeños, con medidas del orden de 10 nanómetros en diámetro, y formaron manojos de hasta 150 nanómetros de ancho. Llegaron a crecer hasta alcanzar decenas o incluso centenares de micras de largo.



No se conocen aún las implicaciones fisiológicas y ecológicas para estas interacciones, pero el efecto sugiere una forma muy organizada de distribución de energía entre los miembros de las más viejas y sostenibles formas de vida en el planeta.

Geobacter posee una red de citocromos C multihemo que se distribuyen por la membrana interna, periplasma y membrana externa que transfieren los electrones a su aceptor final de electrones natural (el hierro III) o bien a los electrodos, si éstos están presentes.

El estudio de las aplicaciones reales de las MFC está todavía en sus inicios. Las MFC son en realidad biorreactores, que permiten la oxidación de un compuesto orgánico (que van desde azúcares, a excedentes industriales como el glicerol o la sacarosa, o compuestos contaminantes como el fenol o el tolueno) catalizada por microorganismos. La cantidad de energía que se obtiene aún es baja, aunque desde que se inició el diseño de la MFC hasta hoy se ha conseguido aumentar su potencia en 1000 veces. El desarrollo de esta tecnología está en su infancia, por lo que el diseño de dispositivos con menor resistencia interna, el ensayo de nuevos materiales conductores, y el empleo de cepas bacterianas electrogénicas óptimas llevará a MFC de mayor potencia.



Fuentes: **LA NACION - Agencia CyTA - Instituto Leloir**

[Más información sobre energías alternativas](#)

[Más Tecnología](#)

Copyright: 2007 - Afinidadelectrica.com. Contacto: contacto@afinidadelectrica.com. Desarrollo: centraldev.