

Los microorganismos como t

Edmundo Calva i Mercado
Instituto de Biotecnología,
UNAM, Cuernavaca, Morelos
Miembro de la Academia de
Ciencias de Morelos, A.C.

Las fuentes alternas de energía permiten un menor uso de los hidrocarburos derivados del petróleo. La búsqueda de dichas fuentes alternas es crucial para nuestra supervivencia. En este sentido, es común haber escuchado de las celdas solares (ver "La energía solar: una riqueza para todos" por P. K. Nair, en La Unión de Morelos, 24 de octubre de 2011, págs. 34-35), que permiten captar la energía de la luz solar para calentar el agua o convertirla en electricidad. También sabemos de la energía eólica, la derivada de la fuerza del viento que se capta a través de las aspas de un molino. Sin embargo, sabemos poco del papel de los microorganismos como fuentes alternas de energía.

Todos los organismos vivos somos máquinas de conversión de energía. Los humanos recibimos nuestra dosis de energía de los alimentos que convertimos, entre otros, en un compuesto llamado ATP (que es la abreviatura de Adenosín Trifosfato) que proporciona a su vez la energía para diferentes procesos en nuestras células. Una de las fuentes energéticas de los alimentos son los azúcares, como la glucosa. Ésta es convertida en ATP, agua y bióxido de carbono a través de la respiración. Tenemos dos procesos respiratorios: la *respiración anaerobia* que ocurre en ausencia de oxígeno y la *respiración aerobia* que ocurre en su presencia. La respiración anaerobia genera como producto final ácido láctico, el cual produce el dolor muscular cuando hacemos un gran esfuerzo y nos fatigamos. De hecho, en la práctica de los deportes se usa primordialmente la respiración anaerobia en trechos cortos de alta velocidad, y la aerobia en trechos más largos a velocidades menores. Más aún, las grasas y las proteínas también pueden ser fuentes de energía, pero no lo son de manera tan directa como los azúcares pues requieren de más reacciones para incorporarse a la respiración. También, por ello, cuando ingerimos una dosis excesiva de energía a través de los alimentos, medida a través de las calorías, podemos empezar a acumular grasa. Al

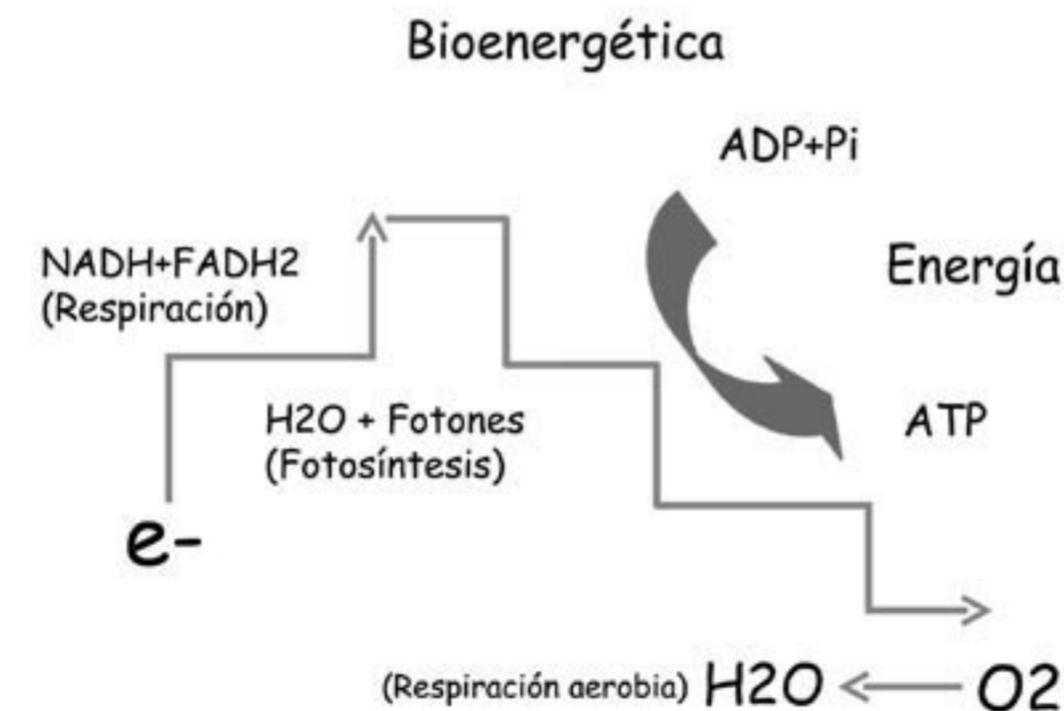


Figura 1.- La bioenergética: principio fundamental. Los electrones (e-) son conducidos a estructuras celulares con un alto contenido de energía por el NADH y el FADH₂ durante la respiración; o bien provienen del agua (H₂O) y reciben la energía de los fotones (partículas de luz) durante la fotosíntesis y se alojan en estructuras de alta energía. Al pasar por la cascada o escalera de estructuras de mayor a menor energía, la energía liberada es usada para elaborar el ATP, que a su vez es la fuente de energía de muchas reacciones en la célula. El receptor final de los e- en la respiración aerobia es el oxígeno (O₂) para formar agua.

contrario, cuando la ingesta de la comida es la adecuada en términos de calorías, podemos usar parte de la reserva de grasa como fuente de energía, ya que las moléculas de grasa se pueden transformar para incorporarse al proceso respiratorio. Puede ocurrir también que si la alimentación no es la adecuada para proporcionar las calorías necesarias, se empieza a utilizar la proteína del músculo como fuente de aminoácidos para alimentar los procesos respiratorios. El estudio de estos procesos de conversión de energía en los seres vivos se denomina *bioenergética*.

Los microorganismos se rigen por los principios básicos de la bioenergética. A diferencia de los humanos, pueden producir alcohol (etanol) en vez de ácido láctico. Es así que se produce la fermentación alcohólica que permite la producción de los vinos, la cerveza, los espíritus y licores en presencia de microorganismos. Recordemos que los vinos se producen en barricas selladas, en condición que favorecen la respiración anaerobia.

El principio fundamental de la bioenergética (véase la figura 1) es generar el llamado poder reductor, que simplemente consiste en tener electrones (que se representan como e-

) en estructuras celulares de alta energía. Los e- son posicionados en dichas estructuras por dos compuestos, el NADH y el FADH₂, (los cuales portan los e- en las moléculas de hidrógeno, H) provenientes de la respiración, o bien por los fotones (que son partículas de luz) durante la fotosíntesis en donde los e- provienen del agua (H₂O). De esta manera, los electrones van pasando de moléculas de mayor a menor energía, lo cual se ilustra como una cascada o escalera en la figura 1. Dicho proceso resulta en la liberación de energía que se almacena en el ATP. Como se observa también en la figura, en la respiración aerobia el receptor final de los electrones es el oxígeno (cuyo símbolo químico es O₂). La reacción de los electrones con el oxígeno resulta en la producción del agua.

La fotosíntesis ocurre en microorganismos como las bacterias, así como en las algas y las plantas verdes que observamos a simple vista, que contienen clorofila. Las estructuras celulares que contienen clorofila captan los fotones y transfieren los electrones llenos de energía. Esto es, las bacterias fotosintéticas, las algas y las plantas verdes son verdaderas celdas solares vivientes. Durante la fotosíntesis, la cascada de los

electrones produce poder reductor en la forma de NADH, además del ATP. Es así que las plantas sólo requieren de luz, agua y bióxido de carbono (cuyos símbolos químicos son H₂O y CO₂, respectivamente) para crecer (ver la figura 2). No requieren de alimentos, pues la fotosíntesis les permite sintetizar sus propios azúcares (CH₂O) que utilizarán como fuente de energía. Es de notarse que se estima que al menos la mitad de la fotosíntesis ocurre en los mares, por microorganismos. Sería interesante, por tanto, el poder aprovechar una parte de esta energía que se transforma en los océanos, mediante nuevos procesos de conversión y captación de energía. Al final de la figura 2 se muestra el proceso general de la respiración, en donde al contrario de la fotosíntesis se utiliza el azúcar y el oxígeno para producir bióxido de carbono y agua.

Los microorganismos, en particular las bacterias, pueden sobrevivir prácticamente cualquier ambiente terrestre concebible. Además de hacerlo en el organismo de los animales incluyendo a los humanos, se encuentran en las plantas, el suelo y el agua. De manera interesante, sobreviven en extremos de acidez, alcalinidad, y temperatura, pudiéndose

Las celdas solares
vida: las bacterias
real

En la fotosíntesis

H₂O + CO₂

En la respiración:

(CH₂O) + O₂

encontrar en fosas termales o en mares congelados. Apenas conocemos las condiciones de laboratorio para crecer el uno por ciento de las especies microbianas: hay, por ejemplo, microorganismos que sobreviven sobre partículas de polvo y en el fondo de grietas terrestres en donde aparentemente no hay fuentes de alimento. Los microorganismos presentan una gran variedad de estilos de vida, reflejado por un gran repertorio de reacciones bioquímicas para procesar los alimentos y convertirlos en energía. Como muestra, en ambientes con poco oxígeno han sobrevivido los microorganismos que usan una gran variedad de otras moléculas como receptores finales de los electrones. Entre ellas están las bacterias metanogénicas, que generan el gas metano. Esto permite que se transformen muchos compuestos a través de los ciclos biogeoquímicos y por tanto la vida como la conocemos. Por su gran variedad y por su fácil y económico manejo en el laboratorio o en la industria, los microorganismos son candidatos muy interesantes para la producción de fuentes alternas de energía. La idea es simplemente alimentarlos con materia prima muy barata, preferentemente del desecho de otros procesos, para obtener energía. Así, un proceso que lleva la delantera tecnológica

fuentes alternas de energía

Los organismos vivos que han permitido la vida, las algas y plantas verdes que realizan la fotosíntesis

La fotosíntesis produce azúcar y oxígeno

Fotosíntesis
 $(CH_2O) + O_2$

Luz

Se consume el azúcar en presencia de oxígeno

Respiración
 $H_2O + CO_2 + ATP$

Figura 2.- La fotosíntesis y la respiración. En la fotosíntesis el agua (H_2O) y el bióxido de carbono (CO_2) producen azúcar (CH_2O) y oxígeno (O_2), mientras que en la respiración el proceso es el reverso.

en estos momentos es la producción de alcohol (etanol) a partir de fibras vegetales. El etanol es una fuente alterna de energía, particularmente para algunas nuevas generaciones de automóviles. Las fibras vegetales están constituidas por azúcares complejos, formados por muchas unidades entrelazadas por enlaces químicos. Aquí el reto es poder romper industrialmente estos enlaces de manera barata y eficiente, para producir unidades como la glucosa que puedan ser utilizadas en la respiración de los microorganismos que producirán alcohol. En este sentido se están investigando diferentes esquemas basados en enzimas que promueven dicho rompimiento, o bien en microorganismos que provean las enzimas necesarias.

Otras fuentes energéticas sobre las que se está trabajando en la actualidad para ser producidas en bacterias, son dos gases. Uno es el metano, ya mencionado y otro es el hidrógeno, producido por bacterias que contienen enzimas con actividad de hidrogenasa (esto es, que pueden producir o destruir el hidrógeno según las condiciones). Estos procesos, aunque poco contaminantes son todavía ineficientes; además de que se tendrían

que tener instalaciones apropiadas para coleccionar los gases en cuanto son producidos. Por otro lado, se están desarrollando celdas energéticas microbianas que permiten captar los electrones generados en la respiración anaerobia y aerobia, como fuentes de energía eléctrica. Esta área también se encuentra en la fase inicial de desarrollo. El uso de microorganismos para generar energía aprovechable de tiraderos de basura es también plausible, ya que no sólo los azúcares sino también las grasas y las proteínas son aprovechables, como se indicó con anterioridad.

Además de las áreas dedicadas a la producción de fuentes alternas de energía, se requiere mucha investigación básica en ecología microbiana. Ésta incluye a la *bioprospectiva*, que implica el estudio de comunidades complejas de microorganismos de diferentes ambientes, para conocer el papel de cada una de ellas en el aporte total de energía. Esto es, los microorganismos en el ambiente se pueden organizar en forma de biopelículas o de tapetes, muchas veces constituidos por diferentes especies que tienen un papel específico en la comunidad. La *bioprospectiva* también abarca la genómica de nuevas especies

bacterianas aisladas de diferentes ambientes. Esto es, la genómica nos permite estudiar el contenido total de genes de una bacteria y con ello deducir las reacciones bioquímicas o vías metabólicas que posee para convertir la energía a partir de diferentes fuentes o sustratos. Otra área de investigación es la de la ingeniería de vías metabólicas, en donde se pueden alterar los genes de un

microorganismo para que produzca más eficientemente un producto u otro.

Para llevar a cabo esta investigación de frontera, la tendencia actual es la de formar consorcios entre centros de investigación o investigadores de universidades de gran prestigio, con grupos industriales y de negocios, y agencias gubernamentales encargadas del sector energético. Esto provee una

visión interdisciplinaria para resolver una potencial limitación energética en el futuro, de la manera más efectiva posible. Sin embargo, al final de cuentas lo importante es generar más conocimiento sobre los procesos energéticos en los microorganismos, para usar nuestra imaginación y creatividad hacia el diseño de nuevos esquemas de conversión energética.



La Universidad Autónoma del Estado de Morelos en conjunto con la Academia de Ciencias de Morelos invitan a:



La exposición "Un paseo por el nanomundo" tiene como objetivo mostrar al público general una selección de 40 imágenes que han sido seleccionadas del conjunto de imágenes finalistas de las ediciones de los años 2007 y 2009 del Concurso Internacional de Imágenes de Microscopía SPM (SPMAGE07 y SPMAGE09), organizado por el CSIC y la Universidad Autónoma de Madrid.

En la exposición se incluyen las 10 imágenes ganadoras de las dos ediciones del concurso así como un conjunto de 30 imágenes finalistas de ambas ediciones que nos permiten ilustrar diversos aspectos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología.

INAUGURACIÓN

7 - noviembre - 2012
17:00 hrs.

Casa de la Ciencia UAEM
Av. Morelos No. 275
Colonia Centro

Permanencia: del 7 noviembre de 2012 al 13 de enero de 2013

Instituciones patrocinadoras: Universidad Autónoma del Estado de Morelos y Academia de Ciencias de Morelos, A.C.