

Energías alternativas: Bioconversión de luz en metano como fuente de energía limpia y renovable

Juan Daniel Valderrama

A partir de la revolución industrial, en el siglo XIX, el petróleo comenzó a formar parte de nuestra vida cotidiana en un sinnúmero de formas y productos, tales como plásticos, pinturas, textiles, solventes, lubricantes, asfaltos, fertilizantes y pesticidas. Sin embargo, su principal aplicación ha sido como combustible, siendo la fuente del 80% de la energía utilizada por los seres humanos en la actualidad (UNDP, 2004). Este porcentaje tan elevado hace evidente el hecho de que una crisis petrolera tendría necesariamente un efecto mayúsculo sobre todas nuestras actividades cotidianas, comenzando por las que dependen directamente de la gasolina y el diesel, como lo es el transporte.

Ser dependientes de un recurso no renovable en una medida tan alta nos ha forzado a replantear nuestros modelos de desarrollo, pensando cada vez más en alternativas que garanticen una independencia petrolera, especialmente por parte de los países industrializados. No obstante, el desafío no ha sido para nada fácil. Hasta el momento contamos con decenas de alternativas para la generación de energía sin que alguna de estas esté todavía cerca de remplazar a los combustibles fósiles y en particular al petróleo. Tecnologías como las celdas solares son promisorias pero limitadas desde el punto de vista de costos y mantenimiento. Por otra parte, una tecnología que viene ganando importancia rápidamente es la generación de energía a partir de biomasa, la cual está necesariamente ligada al aprovechamiento de la luz solar por medio de la fotosíntesis. Desde este punto de vista, el uso de microorganismos resulta atractivo dado que se podrían llegar a emplear en procesos de gran escala, al mismo tiempo que su impacto sobre

el ambiente es fácilmente controlable siempre y cuando se lleve a cabo un manejo adecuado de los procesos (Rittmann, 2008).

Como se mencionó, el gran potencial de los microorganismos está asociado principalmente a la fotosíntesis. Millones de años de evolución han hecho de la fotosíntesis un proceso muy eficiente que en la mayoría de los casos está asociado al consumo de dióxido de carbono para producir biomasa. Esto hace que la fotosíntesis sea ideal como proceso para fijación de carbono y, por lo tanto, una tecnología basada en ella tendría repercusiones importantes sobre el problema de cambio climático por efecto invernadero y el control de la polución atmosférica. En el caso particular de organismos como las microalgas, su alta capacidad de consumo de dióxido de carbono combinada con su productividad en términos de biomasa (aproximadamente 50 toneladas de peso seco por hectárea al año), que es unas 10 veces superior al de cultivos convencionales como la caña de azúcar y la remolacha, hacen que estos organismos sean especialmente atractivos para aplicaciones basadas en el aprovechamiento de energía solar (Murphy y Power, 2009). Una de tales aplicaciones consiste en recuperar los lípidos de las membranas celulares de las microalgas para la producción de biodiesel, mediante extracción con solventes orgánicos y transesterificación de los triglicéridos. No obstante, la acumulación en exceso de lípidos en estos microorganismos es inducida a partir del suministro limitado de nutrientes, razón por la cual en este tipo de procesos no se puede llegar a velocidades de producción de biomasa óptimas, impactando necesariamente la eficiencia y productividad globales del proceso.

Este tipo de limitaciones han llevado a reconsiderar un proceso propuesto hace más de 50 años por Golueke y Oswald (1959), el cual trata de aprovechar al máximo la velocidad de crecimiento de las microalgas proporcionándoles condiciones de crecimiento óptimas (sin ninguna limitación de nutrientes), con el fin de generar la mayor cantidad posible de biomasa. La diferencia, en este caso, es que en lugar de llevar a cabo la extracción de lípidos, la biomasa fotosintética (microalgas) es alimentada a un biodigestor anaerobio el cual estaría en capacidad de transformarla principalmente en metano (70%) y dióxido de carbono (30%), aprovechando no solo las membranas celulares sino también todo el contenido citoplásmico. Mientras el metano puede ser usado directamente como combustible, el dióxido de carbono se realimenta al proceso para el crecimiento de más microalgas.

Este proceso es conceptualmente interesante ya que permite pensar en la recirculación de corrientes líquidas (como el efluente del biodigestor anaerobio) y corrientes gaseosas (como el dióxido de carbono generado por la combustión de metano) para alimentar el proceso de producción de microalgas en un ciclo cerrado, como se plantea en la figura 1. Si a esto le sumamos el acoplamiento de la combustión de metano a una turbina conectada a un generador eléctrico, tendríamos un ciclo de potencia basado en la bioconversión de luz en metano para producción de energía eléctrica.

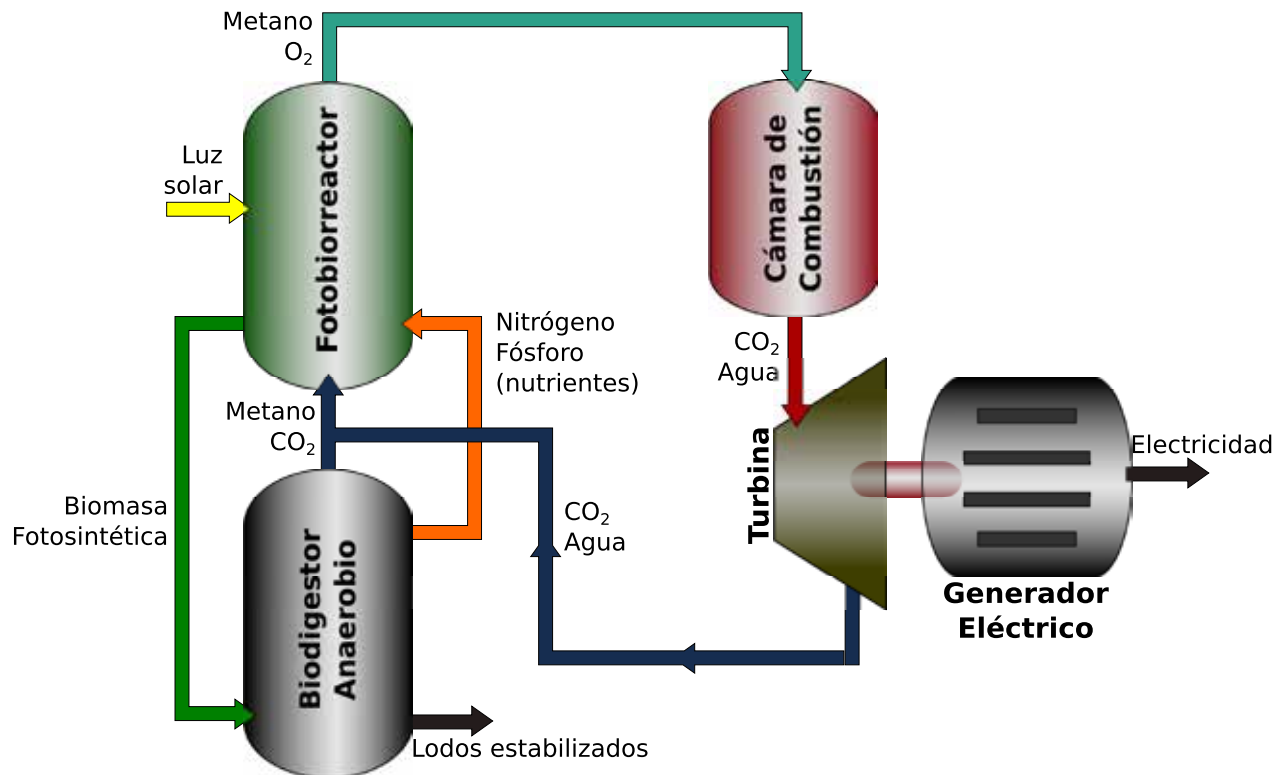
Por otra parte, aun cuando el proceso tiene un gran potencial, existen varios inconvenientes que deberán ser resueltos antes de que este sea técnica y económicamente viable. El principal problema está relacionado con la biodigestibilidad anaerobia de las microalgas, que puede variar entre 40% y 80% (Force y McCarty, 1970). En particular, una conversión de menos del 70% de la biomasa fotosintética en metano complica la factibilidad económica del proceso.

Sin embargo, es precisamente este problema el que nos da la oportunidad de hacer investigación enfocada en lograr conversiones óptimas. Alcanzar tales conversiones puede depender de las especies de microalgas utilizadas para la fotosíntesis, así como de los consorcios microbianos inoculados al biodigestor anaerobio para la metanización de biomasa. Las condiciones de proceso en el biodigestor y algunos pretratamientos aplicados a la biomasa fotosintética también influyen en la eficiencia de metanización que se puede alcanzar. Otra alternativa es atacar directamente la estructura responsable de la baja digestibilidad: la pared celular, la cual, al estar compuesta principalmente de celulosa, es de difícil degradación. Una solución parcial a este problema puede ser el uso de cianobacterias en remplazo de las microalgas, ya que su pared celular no contiene celulosa y por ende su biodegradabilidad anaerobia es potencialmente superior.

Las soluciones a estas problemáticas y a otras preguntas relacionadas con este proceso son la motivación principal de un proyecto de investigación que se está planteando desde la facultad de Ingeniería Ambiental. Actualmente se está comenzando por evaluar algunos diseños preliminares de fotobiorreactores para el cultivo de microalgas y cianobacterias mediante experimentos llevados a cabo por estudiantes de la asignatura de Práctica de Investigación. Se espera que los resultados de estos primeros esfuerzos nos conduzcan a la formulación de proyectos de investigación para la generación de energía a partir de tecnologías alternativas de bajo costo basadas en el aprovechamiento de la energía solar acoplada a la captura y fijación de dióxido de carbono.

Agradecimientos

Estudiantes de la asignatura de Práctica de Investigación: Luis Raúl Echeverry, Sergio Lizarazo, Jessika Ramos, Vanessa Rodríguez y Yeisson Trujillo.



Referencias

Foree, E. G. y McCarty, P. L. (1970). "Anaerobic decomposition of algae", en: *Environ. Sci. Technol.*, vol. 4, n.º 10, pp. 842-849, Oct.

Golueke y Oswald (1959). "Biological Conversion of Light Energy to the Chemical Energy of Methane", Jul-1959. [en línea]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov.proxy.library.cornell.edu/pmc/articles/PMC1057509/>

Murphy J. D. y Power, N. (2009). "Technical and economic analysis of biogas production in Ireland utilising three different crop rotations", en: *Applied Energy*, vol. 86, n.º 1, pp. 25-36.

Rittmann, B. E. (2008). "Opportunities for renewable bioenergy using microorganisms", en: *Biotechnol. Bioeng.*, vol. 100, n.º 2, pp. 203-212, Jun.

UNDP (2004). *World Energy Assessment: Overview: 2004 Update*. United Nations Publications.

Figura 1. Diagrama del proceso. El proceso consta de un fotobiorreactor para crecimiento de biomasa fotosintética a partir de energía solar y dióxido de carbono, un biodigestor anaerobio para degradación de la biomasa fotosintética y producción de metano y dióxido de carbono, una cámara de combustión de metano que alimenta una turbina de gases con dióxido de carbono a alta presión y temperatura, y un generador acoplado a la turbina para producción de electricidad. El proceso considera la recirculación de la mayoría de las corrientes manteniendo un ciclo idealmente cerrado con recuperación total del dióxido de carbono.