

**Men C Iván Muñoz Gutiérrez,**  
Estudiante de Doctorado, Instituto de Biotecnología de la UNAM.  
**Dr. Alfredo Martínez Jiménez,**  
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos, Investigador Titular del Instituto de Biotecnología de la UNAM Campus Morelos.

**M**éxico es un país que depende altamente del petróleo como fuente de energía. El sector transporte es el

mayor consumidor con una participación de alrededor del 50% [ver referencia 1]. Sin embargo, el presente y futuro de este recurso es triste en el país. En 2004 PEMEX registró su máxima producción cercana a los 3.4 millones de barriles diarios y en los siguientes años inicio una disminución en este rubro [1]. Para el lapso de enero a septiembre de 2009, PEMEX produjo 2.6 millones barriles diarios, lo que representa una disminución en la producción

del 23% [1]. El decremento ha sido principalmente atribuido a la disminución de producción obtenida en la zona de Cantarell. Además, aunque México es productor de petróleo es un importador neto de petroquímicos. En el caso particular del sector transporte, en el 2001 se importó aproximadamente el 14% de las gasolinas consumidas en ese año, diez años después, en el 2011, este valor será cercano al 50%. Este sistema, de exportador de crudo e

## El alcohol como biocombustible: ejemplo brasileño

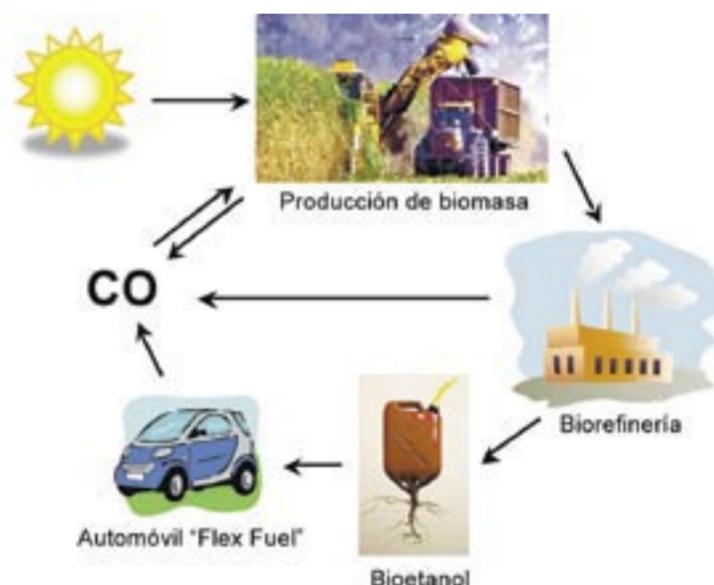


Figura 1. Ciclo del CO<sub>2</sub> en la producción y consumo de biocombustibles.

importador de gasolinas, constituye una ecuación incomprensible; además, por los precios del carburante en el territorio nacional, en el presente año esto representará un subsidio de alrededor de 170,000 millones de pesos. Aunado a esto, existen problemas serios de contaminación asociado a la explotación, refinación y uso del petróleo. Al liberar a la atmósfera el carbono que fue almacenado hace millones de años en lo profundo de la tierra, se ha creado un efecto invernadero, que está asociado al cambio climático mundial, el cual constituye un impacto global por el uso de combustibles fósiles. A partir de la revolución industrial, las emisiones anuales de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera se han incrementado de forma exponencial, siendo el sector transporte el segundo contribuyente mundial de este tipo de emisiones [2].

Una alternativa para solucionar estos problemas es la utilización de etanol carburante, uno de los alcoholes más simples que puede emplearse como combustible renovable en las máquinas de combustión interna actuales. De hecho, existen en el mercado mundial automóvi-

los diseñados para funcionar con gasolina, etanol, gas o sus mezclas; este tipo de automóviles han sido denominados de combustible flexible (conocidos mundialmente como "Flex Fuel Cars"), y algunos de estos modelos son fabricados en nuestro país. Uno de los países líderes en la producción de etanol carburante y uso de automóviles de combustible flexible es Brasil, donde en 2010 se produjeron en promedio 74 millones de litros diarios de etanol carburante y la comercialización de automóviles de combustible flexible representa actualmente más del 95 % de las ventas [3].

El proceso para producir etanol como combustible es básicamente el mismo que se emplea en la industria de bebidas alcohólicas. Los sacáridos (o azúcares) provenientes de biomasa vegetal son fermentados a etanol con microorganismos como las levaduras o bacterias etanológicas. En el caso de las bebidas alcohólicas, el etanol es parcialmente purificado y acondicionado para generar productos como la cerveza, ron, tequila, etc., con concentraciones de etanol que varían del 5 al 40% en volumen. Cuando



Figura 2. Automóvil antiguo de Brasil usando como combustible etanol y estación de combustible de etanol de inicios del siglo XX en los EUA.



**EN SERIO**

Información Inteligente

**RADIO** Lunes a Viernes  
15:00 a 16:00 Hrs.

**TV**, Lunes a Viernes  
16:00 a 17:00 Hrs.  
22:30 a 23:00 Hrs.

GRUPO SONPROSA

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

## Combustible. el

el etanol es destinado para usarlo como combustible, este es destilado en varias etapas hasta alcanzar una concentración del 96%, para posteriormente eliminar la mayor cantidad de agua por un proceso de "secado" hasta lograr una concentración de etanol mayor al 99.5%.

La razón por la cual el etanol se considera un combustible renovable y amigable con el medio ambiente, es porque la materia prima para su producción es biomasa que se genera en los vegetales durante la fotosíntesis, al fijar energía solar y CO<sub>2</sub> atmosférico (ver figura 1). Considerando únicamente el proceso de conversión de biomasa a etanol carburante, el CO<sub>2</sub> formado durante la combustión del etanol en los autos, vuelve a ser consumido por los vegetales, creando un ciclo artificial con una emisión neta de CO<sub>2</sub> a la atmósfera de cero. Sin embargo, es necesario considerar todas las etapas que constituyen la producción de la biomasa y el etanol, lo cual constituye un análisis de ciclo de vida, para realizar un balance justo de reducción de emisiones netas de CO<sub>2</sub>, ya que durante la producción de la biomasa también se utilizan insumos que generan este gas. En comparación con el uso de gasolina, los resultados de análisis de ciclo de vida han demostrado que la producción y uso de etanol carburante a partir de maíz en los EUA y remolacha azucarera en Francia, existe una reducción neta de emisiones de gases efecto invernadero del 14 y 25% respectivamente. De manera sobresaliente, este valor es ligeramente mayor al 90% cuando se utiliza caña de azúcar con las tecnologías desarrolladas por Brasil. La clave en esta importante diferencia se debe en gran parte a la utilización de bio-fertilizantes, en lugar de fertilizantes químicos, durante el cultivo de la caña, y al empleo del bagazo de caña, biomasa que se obtiene después de exprimir la caña de azúcar, como combustible en calderas de alta eficiencia, diseñadas especialmente para quemar residuos orgánicos con alto contenido de humedad. La combustión eficiente del bagazo de caña permite obtener toda la energía de proceso, en forma de vapor, para los ingenios y destilerías, y además permite generar el 3% de toda la energía eléctrica que se produce en Brasil. En otras palabras, se utiliza energía renovable (vapor generado a partir del bagazo de caña) para generar etanol carburante renovable. Estas es-



Figura 3. Expendio de combustible en Sao Paulo, Brasil, con los precios de combustibles en 2010, incluyendo el de etanol carburante (Álcool en Portugués).

trategias son clave cuando se comparan con el combustóleo o carbón mineral (combustibles fósiles) que se utilizan en las plantas de producción de etanol carburante en los EUA y Francia, respectivamente, y el uso de fertilizantes químicos para la producción de maíz y remolacha azucarera.

Aunque muchas personas piensan que la producción de biocombustibles es algo nuevo, debemos mencionar que Brasil tiene más de 35 años de experiencia produciendo bioetanol a partir de caña de azúcar; y este fue usado hace más de un siglo en Brasil y los EUA como biocombustible para alimentar autos de combustión interna de esa época (ver figura 2). Después de la crisis petrolera de 1973 se generó un punto de referencia clave para los biocombustibles: el gobierno brasileño implementó el programa nacional del alcohol ("PróAlcool"), cuyo objetivo era aumentar la producción de etanol para emplearlo como combustible en automóviles y de esa forma reducir su dependencia petrolera del extranjero. Mediante subsidios a los productores de etanol e inversión para el desarrollo de ciencia y tecnologías en la industria del alcohol, los brasileños han hecho muy eficiente su industria alcoholera y han obtenido variedades de caña de azúcar muy productivas. Actualmente, sin más subsidios, llenar el tanque del automóvil con alcohol en Sao Paulo o Rio de Janeiro, sale más barato que llenarlo con gasolina (ver figura 3). Para el caso de los EUA, primer productor mundial de etanol, su industria posee altos subsidios y sus

cultivos requieren de una gran cantidad de fertilizantes y pesticidas que provienen del petróleo.

Las tecnologías para la producción de biocombustibles de primera generación (es decir, los que son producidos a partir de alimentos) están prácticamente en su madurez. Y a pesar de que no se pueden considerar 100% renovables, si son más amigables con el ambiente que los combustibles fósiles. Además, son la plataforma para el desarrollo de nuevas generaciones de biocombustibles.

Brasil ha demostrado que con programas a largo plazo y estrategias gubernamentales bien planeadas y planeadas, se pueden hacer las cosas bien, tanto en los ámbitos agrícolas, biotecnológicos, ambientales y energéticos, como en los de políticas públicas, sociales, empresariales, lo que permite la reducción de la emisión de gases con efectos invernadero. No debemos esperar a que nuestros recursos petroleros se agoten para cambiar hacia biocombustibles. ¿Por qué no producir etanol a partir de maíz o azúcar de caña en México? Porque el maíz blanco es base de la alimentación de la mayor parte de la población mexicana y cada año se importan más de ocho millones de toneladas de maíz amarillo, que aunque no se usan directamente para alimentación de la población, si es empleado para la crianza de animales. En este contexto es imperante resolver primero la situación de seguridad alimentaria y después pensar en otras aplicaciones para este tipo de granos. Por

otro lado, los costos de producción de la caña de azúcar en México, desafortunadamente, son los más altos a nivel mundial (más de 50 dólares EUA por tonelada, contra 12 en Brasil, para el 2010). Además, los precios del maíz subieron drásticamente a inicios del 2007 como consecuencia de que los EUA están destinando cerca del 15% de su producción de maíz a la manufactura de etanol y a inicios de 2011 subieron más a causa de fuertes heladas en la zona de Sinaloa, el principal estado productor de maíz blanco en México. En consecuencia la producción de etanol carburante a partir de estas materias primas, actualmente para México, no es viable ni sustentable desde el punto de vista económico y de seguridad alimentaria. En consecuencia, para producir etanol en nuestro país se deben buscar otras alternativas de materias primas que no originen una competencia con su uso como alimento y sean

viables desde el punto de vista económico, de desarrollo rural y de generación de empleos, entre otros. Nuestro país necesita desarrollar su propia tecnología que se adapte a sus necesidades para tener una transición planeada y sustentable hacia este tipo de combustibles. En una siguiente aportación, a esta columna, se describirán alternativas de fuentes de materia prima y tecnologías para producir etanol carburante en México.

#### Referencias:

1. Sistema de Información Energética. Secretaría de Energía México. Página web: <http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController>. Última consulta 17 de Noviembre de 2011.
2. Nobuo Tanaka (2007). CO<sub>2</sub> Emission From Fuel Combustion 1971-2005. Agencia Internacional de Energía (IEA). Páginas XVII-XXIII.
3. Cledorvino Belini (2010). Anuario de la Industria Automovilística Brasileña. ANFAVEA, San Pablo, Brasil.

### Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación 2011

#### El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos



*Felicita*

A los investigadores, tecnólogos y académicos ganadores del Reconocimiento al Mérito Estatal de Investigación 2011, por su investigación científica y tecnológica de calidad, su promoción y difusión realizada en el Estado de Morelos.

- José Mario Ordoñez Palacios  
Centro de Investigaciones Químicas - Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
En Materia de Ciencia  
a) Investigación Científica
- Jonathan Villanueva Tavira  
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México  
En Materia de Ciencia y Tecnología  
b) Divulgación y Vinculación
- Se declara desierta  
En Materia de Tecnología  
b) Investigación Científica e Innovación
- Anne Margrethe Hansen Hansen  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua  
En Materia de Ciencia y Tecnología  
c) Reconocimiento al Mérito
- Bonifacio Alvarado Tenorio  
Instituto de Ciencias Físicas - Universidad Nacional Autónoma de México  
En Materia de Ciencia y Tecnología  
a) Tesis de Investigación

Morelos, Tierra de Conocimiento.



Gobierno del Estado de Morelos  
2006 - 2012



#### El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos

*Felicita*

a los ganadores del Sistema Estatal de Investigadores 2011

Consulta los resultados en:

[www.ccytem.morelos.gob.mx](http://www.ccytem.morelos.gob.mx)  
Sección Sistema Estatal

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: [www.acmor.org.mx](http://www.acmor.org.mx)