

Alvarez, Silvia; Evelson, Pablo; Boveris, Alberto (noviembre 2008). *Etanol : El combustible del futuro*. En: Encrucijadas, no. 45. Universidad de Buenos Aires. Disponible en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad de Buenos Aires: <<http://repositorioubas.sisbi.uba.ar>>

ETANOL

EL COMBUSTIBLE DEL FUTURO

El etanol, uno de los biocombustibles más importantes, es un recurso renovable, ya que proviene de la biomasa. Disminuye en gran forma las cantidades utilizadas de nafta. Esto lleva a una reducción en el uso y la importación de hidrocarburos y favorece el uso de recursos naturales renovables nacionales, además de contribuir a disminuir la contaminación.

Silvia Álvarez*, Pablo Evelson y Alberto Boveris*****

** Doctora de la Universidad de Buenos Aires, Profesora Adjunta de Físicoquímica, Investigadora Adjunta del CONICET, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.*

*** Doctor de la Universidad de Buenos Aires, Profesor Adjunto de Química General e Inorgánica, Investigador Adjunto del CONICET, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.*

**** Doctor en Farmacia y Bioquímica, Profesor Emérito (Físicoquímica), Investigador Superior del CONICET, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.*

Petróleo y combustibles alternativos

Las motivaciones y las razones para perpetuar el empleo del petróleo como combustible durante el siglo XX se han basado en el hecho de que las reservas han sido históricamente significativas y consideradas prácticamente inagotables y que el petróleo en su estado natural líquido permite el manejo simple y el transporte a granel. Asimismo, el petróleo y sus derivados tienen un alto calor de combustión (del orden de $\Delta H = + 44 + 50$ Mjoulles/kg) lo que hace su uso muy conveniente como combustible para los motores de combustión interna y para calefacción. Desafortunadamente, el petróleo es una materia prima no renovable y desde las crisis energéticas mundiales de 1973 y 1979 se han desarrollado dos importantes caminos para asegurar el suministro de energía. Por un lado, la racionalización y el ahorro en el uso del petróleo y sus derivados, y por el otro, el desarrollo de combustibles alternativos y sustentables.

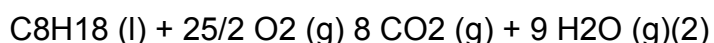
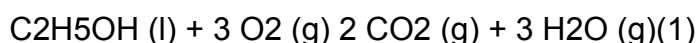
Entre los combustibles alternativos y sustentables, sobresalen el hidrógeno y los biocombustibles, ambos tipos en franco desarrollo. De acuerdo con tecnología disponible actualmente, la utilización del hidrógeno como combustible (ΔH de combustión = -142 Mjoulles/kg) requiere para ser económicamente factible el acoplamiento de energía solar o eólica para su producción. Por el contrario, los biocombustibles tienen actualmente costos de producción comparables con los del petróleo y sus derivados. Bajo la denominación de biocombustibles se entiende a un par de combustibles líquidos, el bioetanol y el biodiésel, que son producidos de materia prima vegetal o biomasa.

El biodiésel es un combustible líquido que se produce a partir de aceites vegetales y de grasas animales. En cuanto a los aceites vegetales, los de colza, girasol y soja son los más utilizados actualmente. Se encuentran en desarrollo la utilización de aceites de algas, aceites de cocina reciclados y grasas animales. Químicamente los distintos tipos

de biodiésel son ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga (palmítico, oleico, linoleico y linolénico) con metanol o etanol. La reacción química es extremadamente sencilla, el aceite o la grasa se calienta con hidróxido de sodio o potasio y metanol o etanol, con lo que la reacción de trans-esterificación produce el biodiésel en tiempos relativamente cortos con altos rendimientos ya que la posición del equilibrio químico se halla desplazada hacia la formación del éster monoalquílico. El producto final, el biodiésel, se separa como una capa oleosa que flota sobre la capa acuosa. Actualmente ya están operando fábricas que utilizan aceite de colza y metanol como materia prima y lipasas de origen animal y vegetal como catalizadores de la reacción de trans-esterificación. En cuanto las propiedades del biodiésel como combustible, éstas son prácticamente las mismas que las del gasoil en cuanto a calor de combustión (-44-45 Mjoulles/kg), densidad y número de cetano. Para su uso en motores de combustión interna, el biodiésel puede utilizarse puro o mezclado en distintos porcentajes con gasoil. Esta última opción, la mezcla, es la preferida para ser usada en automóviles y en aviones.

El bioetanol, el combustible del futuro tal como adelanta el título de esta nota, es químicamente alcohol común (etano-1-ol) con la característica de haberse obtenido de una biomasa, normalmente con alto contenido de sacarosa y sometida a fermentación. El alcohol producido, 12-15 % en peso de la biomasa, se separa por destilación y se obtiene el alcohol común, constituido por 96 % etanol y 4 % agua. Considerado como combustible, el bioetanol tiene alto calor de combustión, alto octanaje y bajo cetanaje. Mezclado con nafta, produce un combustible de alto calor de combustión y alto poder energético, el gasohol o laalconafta, que tienen características combustibles similares a la nafta. Cabe señalar el gran uso actual de laalconafta en el mundo, aunque todavía no ocurre en nuestro país.

A modo de ilustración y en condiciones de combustión completa, 1 molécula de etanol produce 2 moléculas de dióxido de carbono (ecuación 1) con un calor de combustión de -29.7 kjoules/g (-1367 kjoules/mol) y una tasa de efecto invernadero de 1 CO₂/687 kjoules. Esto se compara con la combustión completa del isooctano, donde 1 molécula de isooctano produce 8 moléculas de dióxido de carbono (ecuación 2) con un calor de combustión de -47.7 kjoules/g (-5442 kjoules/mol) y una tasa de efecto invernadero de 1 CO₂/680 kjoules.



El etanol como combustible

El etanol es un combustible que ofrece ventajas en virtud de sus características físicas y químicas, que pueden ser resumidas como un líquido de baja densidad y alta fluidez con alto calor de combustión, pero sobre todo considerando las materias primas de origen y su sustentabilidad, los costos de producción y transporte y los bajos efectos negativos en el ambiente.

La principal fuente para la obtención de alcohol es la biomasa, específicamente aquella que lleva a una importante producción de glucosa, la molécula precursora del alcohol en el proceso de fermentación (descrito por Pasteur en 1857). Se entiende por biomasa fermentable a toda materia agrícola constituida por microorganismos y plantas. Las principales características que debe tener una biomasa para ser utilizada como fuente de

energía, son:

+ Explotabilidad y mejor aprovechamiento de los recursos actuales de biomasa existentes.

+ Posibilidad del cultivo agrícola de plantas con ese propósito. Al elegir el cultivo, factores a tener en cuenta son la captura con máxima eficacia de la luz del sol y la asimilación del CO₂ de la atmósfera.

+ Posibilidad de utilización de los productos secundarios de la producción de etanol por la biomasa.

Actualmente, se utilizan tres tipos de materias primas para la producción de etanol en gran escala:

+ Con alto contenido de sacarosa, como caña de azúcar, remolacha o sorgo dulce. La fermentación es llevada a cabo principalmente por levaduras, produciendo etanol y CO₂, en un proceso que ocurre en unas 48 horas. Típicamente una tonelada de caña de azúcar limpia contiene unos 135 kg de sacarosa que producen unos 85 litros de etanol.

+ Con alto contenido de almidón, como maíz, papa. El almidón se hidroliza durante el proceso de producción para producir glucosa que fermenta a etanol por las levaduras. Desde un punto de vista teórico, una tonelada de maíz pueden producir 380 litros de etanol pero la media de la producción industrial es de 324 litros.

+ Con alto contenido de celulosa, como los residuos agrícolas y la madera. La producción de cereales genera una gran cantidad de residuos agrícolas, principalmente tallos y hojas. Una cantidad substancial de estos residuos, que son poco aprovechados, se puede utilizar como materia prima para la producción de etanol sin afectar el equilibrio ecológico. La producción de etanol a partir de estos residuos agrícolas (como tallos de trigo) requiere un proceso para liberar las moléculas de glucosa constitutivas de la celulosa y de las hemicelulosas, que constituyen 30-50 % y 20-35 % del material de la planta, respectivamente. Plantas industriales de producción de alcohol celulósico instaladas en Canadá intentan producir alcohol combustible a aproximadamente 0.30 dólares/litro para fines de 2008.

Las principales ventajas que tiene el etanol como combustible son de índole variada:

+ Es un recurso renovable, ya que proviene de la biomasa. Disminuye en forma importante por sustitución parcial o total las cantidades utilizadas de nafta. Esto lleva a una reducción en el uso y la importación de hidrocarburos y favorece el uso de recursos naturales renovables nacionales. Puede contrarrestar y reducir el impacto de los problemas recurrentes de precios y reservas de hidrocarburos en períodos de crisis energéticas.

+ Puede promover una reactivación económica y productiva. Establece una agrocadena donde se integran eslabones públicos y privados, como la secuencia de los sectores agrícola, industrial, energético, social, económico y ambiental. Esta actividad, primariamente agrícola e industrial, generaría nuevas fuentes de trabajo directas e indirectas, fomentando el empleo rural, la regionalización industrial y el desarrollo de

regiones con potencial agroindustrial.

+ Posee un alto grado de solubilidad y miscibilidad con la nafta. El etanol es líquido y adecuado para su uso en automotores, tiene un importante número de octanos y no deteriora la calidad de las naftas para su uso en los motores de combustión.

+ Se argumenta que su utilización como combustible contribuye a reducir la polución y contaminación atmosférica, especialmente en los centros urbanos, por la menor producción de partículas carbonosas. Disminuye ligeramente la emisión del CO₂ con efecto invernadero, con respecto a la nafta, y disminuye la emisión de monóxido de carbono, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno. De esta manera, contribuye al mejoramiento de la salud y calidad de vida de la población.

Evidentemente, existen limitaciones en el uso del etanol como fuente energética. Las más importantes son:

+ Su producción y precio estará directamente ligado al mercado nacional e internacional de la materia prima en cuestión. En nuestro país corresponde al del azúcar.

+ El etanol posee un 30% menos de densidad de energía que la nafta, lo que exige un consumo mayor de combustible. La nafta provee 42 Mjoulles/kg, mientras que el etanol solo 29 Mjoulles/kg. Energéticamente, un litro de nafta equivale a 1.5 litros de etanol. La adición de un 10% de etanol a la nafta reduce el calor de combustión solamente en un 3.8 %, lo que es prácticamente similar en cuanto a combustible consumido. Por otra parte, la alta volatilidad del etanol anhidro afecta la eficiencia de la mezcla y puede llevar a intermitencias en el suministro de combustible al motor y a pérdidas por evaporación. La evaporación aumenta con la temperatura ambiente. La elevada afinidad química que posee el etanol por el agua, en virtud de su estructura molecular, puede generar problemas en la correcta operación del motor.

+ Requerimientos de infraestructura especial para transporte y almacenaje. Se necesitan vehículos estructural y mecánicamente adaptados para operar con alcohol y con las mezclas dealconafta, lo que provee una operabilidad general inferior a la tradicional para las naftas. Además, el etanol puede provocar oxidación; es por eso que en Brasil se utilizan motores con algún reemplazo plástico.

+ La producción agrícola de la biomasa requiere cultivos de grandes extensiones de tierra, las que podrían ser utilizadas con otro fin, por ej. para alimentación.

Combustibles basados en bioetanol

El etanol ofrece diversas posibilidades de mezclas para la obtención de biocombustibles, los que se están utilizando con los siguientes nombres y propiedades:

E5: es una mezcla de 5% etanol y 95% de nafta. Esta es una mezcla habitual, es la máxima autorizada en la actualidad por la regulación europea y la regulada a utilizar en nuestro país a partir del año 2010. Para el caso de nuestro país, la regulación está especificada por el contenido de oxígeno elemento (2.7 %) que debe tener la mezcla y corresponde al uso de etanol al 7,8%. Sin embargo, es previsible una modificación de la normativa europea que aumentará el límite a 10 % (E10) ya que diferentes estudios revelan que los vehículos actuales toleran sin problemas mezclas de hasta el 10% en etanol y que los beneficios en cuanto a ahorro de hidrocarburos y para el ambiente son

significativos.

E10: es una mezcla de 10% de etanol y 90% de nafta. Esta es la mezcla más utilizada en los Estados Unidos, ya que hasta esta proporción de mezcla los motores no necesitan ninguna modificación e incluso produce una elevación de un octano en la gasolina. Consecuentemente, mejora su resultado y se obtiene una reducción en la emisión de gases contaminantes.

E85: es una mezcla de 85 % de etanol y 15 % de nafta y requiere motores especiales. En los Estados Unidos, las marcas más conocidas ofrecen vehículos adaptados a estas mezclas. También se comercializan, en algunos países, vehículos con motores adaptados a una variedad de mezclas (motores Flex). En estos motores, sensores especiales pueden determinar la mezcla de carburantes y ajustar automáticamente la sincronización de ignición del motor y los coeficientes aire/combustible. Estos motores permiten la utilización de cualquier relación nafta/alcohol y hasta la utilización de nafta pura.

E95 y E100: mezclas de hasta 95 % y 100% de etanol se utilizan en motores especiales para esos usos. Su uso en Brasil es muy difundido.

E-DIÉSEL: el etanol permite su mezcla con gasoil utilizando un aditivo solvente y se produce un biocombustible diésel, con muy buenas características en cuanto a combustión y reducción de contaminación ofreciendo así otras alternativas de uso de etanol en los vehículos diésel. El E-diésel ya se comercializa con éxito en los Estados Unidos y Brasil, y pronto hará su aparición en Europa.

ETBE: No se comercializa como combustible, sino que se utiliza como aditivo de la nafta. El ETBE (etil ter-butyl éter) se obtiene por síntesis a partir del etanol y el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. Posee las ventajas de ser menos volátil, y más miscible con la nafta que el propio etanol y, como el etanol, se adiciona a la nafta en proporciones de 10-15%. La adición de ETBE aumenta el índice de octano de la nafta y evita la adición de derivados de plomo, práctica casi extinguida.

Producción mundial de alcohol y dealconafta: el ejemplo de Brasil

En el año 2006 la producción mundial de etanol en todos sus grados fue de 51 mil millones de litros. Los dos principales productores mundiales son Estados Unidos y Brasil, que juntos llegan a producir un 70% de la producción total, seguidos por China, India y Francia. En Europa, tanto Alemania como España han incrementado considerablemente su producción de etanol.

Se ha observado, a través de los años y en distintos países, una falta de políticas alternativas para hacer frente a las subas en el precio y a las reservas acotadas de petróleo. Uno de los programas más exitosos, en cuanto a la producción y al uso del etanol como combustible alternativo, ha ocurrido en Brasil. Este país produce aproximadamente 15 mil millones de litros de etanol por año. Las fábricas de etanol en Brasil mantienen un balance energético positivo (entre 8,3 y 10,2 veces) al quemar la parte que no produce azúcar de la caña. Brasil es considerado como la primera economía que logró el uso sustentable del etanol como combustible y como el modelo a seguir por otros países.

Tras la crisis del petróleo de 1973, Brasil decidió crear e impulsar un combustible

alternativo, el etanol procedente de la producción, refinación y fermentación de la caña de azúcar. En 1975, el gobierno comenzó con un programa nacional destinado a utilizar alcoholes como combustibles. Este programa era ambicioso, se realizaría en tres etapas y se había diseñado principalmente para reducir fuertemente la dependencia de Brasil de la importación de petróleo. Analizando este programa al día de hoy, el programa ha demostrado ser un éxito a ser tomado como ejemplo. El etanol representa hoy el 40 % del combustible vendido en Brasil, y las previsiones apuntan a un crecimiento del 60 %. En algunas regiones brasileñas, el precio por litro de este combustible llega a ser 40-50 % menor al de la nafta.

Ya a mediados de los '80, el 96% de los vehículos nuevos vendidos en Brasil utilizaban al etanol como combustible. Tras la bajada de precios del petróleo en los '90, los brasileños volvieron a comprar vehículos a nafta. Sin embargo, en el 2004 se produjo una nueva revolución: se comienzan a comercializar vehículos con motores flexibles, conocidos como Flex. Éstos permiten funcionar tanto con etanol como con nafta, o con la mezcla de ambos en cualquier proporción. Es interesante destacar que en el 2006, el 73% de los automóviles que se vendieron en Brasil eran Flex.

Las principales fortalezas de este plan son:

- + Creación de un mercado donde hay vehículos que operan con combustibles conteniendo un 20-25% de etanol.
- + Creación de un mercado con 4.3 millones de vehículos que utilizan etanol hidratado (95.5 % en volumen).
- + Creación de 640000 fuentes directas de trabajo y 9 millones de fuentes indirectas de trabajo.
- + Reducción de la importación de petróleo de casi 70 % entre el año 1979 y el año 1992.
- + Mejoramiento del balance comercial. Mientras que en 1975 era de 3.5 millones de dólares, en 1992 pasó a ser 14.9 millones de dólares.
- + Disminuyó su dependencia del petróleo importado desde un 43.3 % en 1985 a un 21.7% en 1992.
- + La producción de etanol aumentó a 15.9 billones de litros por año.
- + Actualmente, 18000 estaciones de combustible (de unas 22000 totales en Brasil) comercializan etanol combustible. En Estados Unidos, los vehículos consumen una cantidad similar de etanol, pero al contrario que en Brasil, solo 600 estaciones de combustible (de las 180000 totales) lo comercializan.

Perspectivas en la Argentina

En el año 2006 la producción total de etanol fue de 200 millones de litros, de los cuales se exportó el 40 % aproximadamente. No obstante esta producción no fue destinada en su mayor parte a la elaboración de biocombustibles. El etanol producido actualmente en la Argentina se extrae de la caña de azúcar y se utilizan dos procedimientos:

- + Conversión de melaza en etanol: este proceso comienza con la obtención de jugo

mediante la molienda de la caña. De allí se obtiene el azúcar y un subproducto denominado melaza. Esta última es tratada, refinada y fermentada, obteniéndose el etanol. Una tonelada de caña industrializada de esta forma, produce 110 kg de azúcar y 11 litros de etanol

+ Conversión de jugo de caña en etanol: este proceso se utiliza extensamente en Brasil. En este caso el jugo de caña obtenido es tratado y no se obtiene azúcar. Una tonelada de caña industrializada de esta forma, produce 85 litros de etanol.

La producción actual de azúcar en nuestro país se concentra en las provincias de Tucumán (62 %), y en Salta y Jujuy (conjuntamente 37 %). La producción restante se registra en Santa Fe y Misiones.

El mercado de etanol como combustible es en nuestro país, todavía marginal. La Ley Nacional 26093 (de 2006) instituye el Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles. Se sentaron las bases para el desarrollo de la industria de los biocombustibles, estableciendo que, a partir del año 2010, todo combustible, caracterizado como gasoil o nafta, comercializado en el territorio nacional, deberá ser mezclado con un porcentaje de 5% de biodiésel o bioetanol, respectivamente. Esto generará una demanda interna de aproximadamente 160 mil toneladas de etanol por año. El impulso a la producción proveniente de la caña de azúcar y al uso del bioetanol se halla plasmado en la Ley Nacional 26334 (de 2008) que instituye el Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol. La finalidad de ésta Ley es promover la producción del bioetanol utilizando cortos provenientes de la caña de azúcar. El inmenso territorio argentino tiene todavía muchas zonas aptas para el cultivo de caña de azúcar y producción de etanol sin desarrollar. Este hecho no ha pasado desapercibido al mercado y a la industria nacional ya que actualmente hay una serie de proyectos para instalar establecimientos industriales productos de bioetanol y biodiésel.

Conclusiones

El etanol se perfila como un combustible alternativo válido a la nafta. La eficacia de la industria del etanol dependerá en gran medida de leyes y normas nacionales que promocionen su uso con énfasis en la calidad del aire y seguridad de energía, además de existir incentivos de impuestos que aminoren el costo.

Es importante mencionar que un obstáculo para el desarrollo de esta industria es la incompatibilidad con la infraestructura existente. La experiencia en Brasil ha demostrado que los precios comparados con los combustibles convencionales y la confiabilidad en el abastecimiento, tienen un papel definitorio para la aceptación por parte de los consumidores y para el desarrollo del mercado.

La producción de etanol a partir de caña de azúcar en nuestro país se perfila como una fuerte actividad industrial. La Argentina presenta condiciones comparativas, provenientes de la producción agropecuaria y de la generación de materias primas, para un óptimo desarrollo de estos emprendimientos.