

# Biocombustibles: el debate internacional y el caso de México\*

Jesús Lechuga Montenegro\*\*

Fernando García de la Cruz\*\*\*

## Resumen

El paradigma energético vigente es tema de amplio debate por el cambio climático y los incrementos de precios del combustible fósil. El nuevo entramado es impulsado principalmente por Estados Unidos y Brasil por su ventaja tecnológica en la producción de biocombustibles. En México bajo la Ley de Promoción de los Bioenergéticos se implementan políticas para impulsar alternativas sustentables, concordando así con el Protocolo de Kyoto. En ambos casos la estrategia es cuestionable, pues las ventajas de una tecnología verde, sin las políticas adecuadas en la expansión de producción de bioenergía con base en el cambio de uso del suelo agrícola o la incorporación de nuevas tierras para este fin, ocasionarían problemas alimentarios y de destrucción del hábitat, así como incremento de precios en los insumos utilizados.

**Palabras clave:** energéticos, bioenergía, biocombustibles, sustentabilidad.

## Abstract

The current energy paradigm is the subject of widespread debate about climate change and increases in fossil fuel prices. The new network is driven largely by the United States and Brazil for their technological advantage in producing biofuels. In Mexico under the Law for Promotion of Bioenergy are policies to promote sustainable alternatives, agreeing with the Kyoto Protocol. In both cases the strategy is questionable, as the benefits of green technology without appropriate policies in the expansion of bioenergy production based on the change of agricultural land use or incorporation

---

\* Recibido: 14-02-11 Aceptado: 28-02-11

Se agradecen los valiosos comentarios y sugerencias de los dictaminadores anónimos.

\*\* Departamento de Economía. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. jlmo@correo.azc.uam.mx

\*\*\* Licenciado en Economía. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. ferdhyuam@gmail.com

of new land for this purpose, would cause food scarcity and habitat destruction, as well as price increase of the inputs used.

**Keywords:** energy, bioenergy, biofuels, sustainability.

**JEL:** Q01, Q27, Q28, Q34, Q42, Q48.

### **Résumé**

Le paradigme énergétique actuel fait l'objet d'un large débat sur le changement climatique et l'augmentation des prix des combustibles fossiles. Le nouveau réseau est entraînée principalement par les États-Unis et le Brésil à leur avantage technologique dans la production de biocarburants. Au Mexique, en vertu de la loi pour la promotion de la bioénergie sont des politiques visant à promouvoir des alternatives durables, en accord avec le Protocole de Kyoto. Dans les deux cas, la stratégie est discutable, car les avantages de la technologie verte, sans des politiques appropriées dans l'expansion de la production de bioénergie sur la base des changements d'utilisation des terres agricoles ou de l'incorporation de nouvelles terres à cette fin, poserait des problèmes alimentaires et augmente la destruction de l'habitat, ainsi que le prix des intrants.

**Mots-clés:** l'énergie, la bioénergie, des biocarburants, le développement durable.

### **Introducción**

La importancia del tema energético a nivel mundial por el aumento del precio del petróleo en el pasado reciente ha llevado a la búsqueda de alternativas que, habiendo probado su viabilidad técnica, se presentan como opciones económicas frente a las gasolinas. En este contexto, los biocombustibles surgen como la alternativa más sustentable frente al paradigma del carburante fósil del transporte.

En México, con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos en 2008, la economía se integra a este mercado a partir de las cadenas productivas de la caña de azúcar y maíz, promoviendo así una variante sustentable. El tema es debatido en los aspectos económicos, ambientales y políticos debido al aumento de los costos de producción de carburantes fósiles y el cambio climático. Las evaluaciones más recientes indican que se asiste a un cambio del paradigma: de la cultura del petróleo hacia la era de la bioenergía.

El objetivo de este artículo es analizar la sustentabilidad verde en México en esta transición. En la primera parte se presenta el panorama energético mundial y la integración de los biocombustibles

en la matriz energética; en la segunda se estudia el caso de México en la producción de etanol en el marco jurídico señalado.

## 1. Biocombustibles en el marco general energético

A partir del protocolo de Kyoto en 1997 (ONU, 1998) se acordó para 39 países reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un cinco por ciento en el período 2008-2012, tomando como base las emisiones del año 1990. Ante ello, se inició la búsqueda de fuentes alternativas para sustituir a los combustibles fósiles y productos químicos utilizados. En este contexto, los biocombustibles surgen como la alternativa más sustentable en el sector del transporte<sup>1</sup>.

Estos argumentos están en la base del cambio del paradigma energético. Actualmente la energía consumida a nivel mundial depende en un 85% del petróleo, carbón y gas natural, productos no renovables; por ello la necesidad de diversificar las fuentes. Sin embargo las limitaciones son evidentes considerando que para producir un litro de etanol o biodiesel se requiere una superficie de una hectárea cultivable, por lo que se necesitaría casi cuatro veces la superficie mundial agrícola para poder sustituir el consumo de petróleo y gas natural (Llana, 2007)<sup>2</sup>.

En esta perspectiva, a medida que la producción de los biocombustibles aumentara manteniendo constante la superficie cultivable, habría menos hectáreas para producir alimentos en una suerte de juego de suma-cero<sup>3</sup>. Un ejemplo de ello es lo sucedido en México a principios de 2007, cuando una reorientación de los cultivos de maíz hacia la exportación a Estados Unidos para producir etanol ocasionó un aumento en el precio del grano, afectando a la principal fuente de alimentación de la población. O bien en Argentina, donde el ciclo de retorno de la inversión en cultivos para biocombustibles

---

1 Se estima que hay 1,000 millones de automóviles en el mundo que consumen más del 50 por ciento de la energía producida, siendo ésta la primera causa del efecto invernadero. [en línea] <http://www.aporrea.org/actualidad/a57494.html> (consultado el 23 de enero de 2010).

También se estima un aumento de 700 a mil millones de vehículos en los próximos 25 años (Prospectiva, 2010).

2 El biodiesel es biodegradable, obtenido a partir de aceites o grasas mediante la transesterificación de los ácidos, brindando una reducción considerable de emisiones y de partículas como el monóxido de carbono, hidrocarburos y compuestos policíclicos. Los vehículos pueden cubrir una distancia entre 640 y 1250 kilómetros por tanque, y puede ser utilizado en motores de combustión-ignición sin disminuir su potencial. [en línea] <http://www.greenfacts.org/glossary/index.htm>. (consultado el 13 de noviembre 2010).

3 El concepto fue desarrollado en la Teoría de Juegos, por lo que a menudo a las situaciones de suma cero se les llama "juegos de suma cero". Describe una situación en la que la ganancia o pérdida de un participante se equilibra con exactitud con las pérdidas o ganancias de los otros participantes.

es de corto plazo (seis meses), en tanto que la inversión en pastos para ganadería toma varios años; lo que repercute en el costo de la carne de res.

Aunado a lo anterior se tiene que las fuentes alternativas de energía deben ser viables, es decir, además de estar disponibles en cantidades suficientes deben tener condiciones de conectividad a la red de consumo tanto para usos industriales como de servicios y domésticos. Lo anterior se liga al aspecto de su almacenamiento así como al de garantizar la continuidad de su producción, todo lo cual plantea un escenario temporal de 30 a 40 años para ser relevantes. Con precisión, “hasta el momento, ni la industria ni los distintos centros de estudio auguran en sus escenarios una contribución significativa a la matriz energética por parte de las energías renovables, al menos hasta el año 2050<sup>4</sup>”.

En un escenario positivo se considera que la alternativa verde puede proporcionar servicios energéticos más limpios a más de 2,400 millones de personas que utilizan biomasa tradicional y a 1,600 millones que no tienen acceso a la electricidad; y se argumenta también que pueden generar ingresos y empleos para las zonas rurales (ONU, 2007b). Lo cual es rebatible en el caso de que los cultivos de bioenergéticos implicaran formas más tecnificadas que las que sustituirían.

En la geopolítica de una nueva matriz energética cabe señalar que en marzo de 2007, los Estados Unidos y Brasil conjuntaron propósitos para desarrollar y ampliar la producción de etanol, contrarrestando de cierta manera la influencia de Venezuela a través de propuestas como la creación de Petroamérica y Petrocaribe para el suministro de petróleo. La posición de Brasil es privilegiada y su estrategia le ha colocado como el segundo productor a nivel mundial de bioetanol<sup>5</sup>.

En cuanto a Estados Unidos, con bastante anticipación –inicio de los años noventa- se preveía que el treinta por ciento del consumo actual de petróleo deberá ser sustituido por biocombustibles en el año 2030 (Perlack et al. 1992). Brasil por su parte afirma su liderazgo en Sudamérica en cuanto a potencial bioenergético, asegurando un mercado sólido en este campo y en la cadena productiva relacionada<sup>6</sup>. Y como ejemplo de la conjunción de intereses en el sector está la empresa Brenco (Brazilian Renewable Energy Company) formada por inversionistas estadounidenses y brasileños, con base en Las Bermudas y encabezada en su origen por James Wolfenson ex-presidente del Banco Mundial y dirigida

---

4 Prospectiva (2010).

5 La producción estimada en el ciclo 2010-2011 es de 27.230 millones de litros de etanol combustible. [en línea] <http://www.navegalo.com/noticias/economia/27857-produccion-brasilena-de-cana-de-azucar-crece-en-cosecha-20102011-estudio.html>. (consultado el 14 de Marzo de 2011).

6 Considérese que Brasil tiene una infraestructura con casi 400 destilerías de etanol y capacidad para proveer alcohol a 29,000 estaciones de servicio. [en línea] <http://jherrerosdc.typepad.com/jhsrc/2010/07/index.html>

por Phillippe Reichstul ex-presidente de Petrobras<sup>7</sup>. Del dinamismo de la empresa da cuenta el hecho de que en abril de 2010 ésta se asoció con ETH de Brasil –la cual tiene presencia en 19 países- con lo cual surgió ETH-Bioenergía con activos por 4.3 billones de dólares<sup>8</sup>.

Otro ejemplo lo es la Comisión Interamericana del Etanol, surgida por la iniciativa del Banco Interamericano de Desarrollo en 2006, donde en su fundación figuraron Roberto Rodríguez, ex ministro de Agricultura de Brasil, y Jeb Bush hermano del entonces Presidente de los Estados Unidos. Es fácil colegir que se trata del reacomodo y refuncionalización de los diferentes actores en el nuevo entramado energético<sup>9</sup>.

Es ineludible considerar también que se empiezan a redefinir las bases energéticas de reproducción del capitalismo debido a que la centralidad de la misma incorpora no sólo cadenas de agronegocios, sino también empresas petroleras e industrias biotecnológicas y automotrices que representan un núcleo importante de acumulación para los países líderes en bioenergía. Con lo cual el proceso de acumulación tiende a mercantilizar todos los componentes materiales de la reproducción social; de esta forma, la energía requerida para sostener el actual modo de vida es concebida como una mercancía más.

Así, debido a la complejidad de producción de los biocombustibles las empresas petroleras han optado por adaptarse a las nuevas circunstancias; o bien la industria biotecnológica ve a la bioenergía como un mercado donde se puedan vender semillas transgénicas y la industria automotriz diseña nuevos modelos con base en el etanol o biodiesel<sup>10</sup>. Sin embargo es en torno a los ejes ambiental, dinamismo del mercado, seguridad alimentaria y matriz energética que gravitan los intereses opuestos de los grandes consorcios y de la sociedad.

---

7 CNN (2011).

8 UNICA (2010).

9 A futuro, la geopolítica en torno a los biocombustibles apunta a asegurar el control de los territorios que cambiarán su forma de vida tradicional para incorporarse a los cultivos energéticos. Por ejemplo, en Singapur se inauguró la planta de biodiesel más importante del mundo para utilizar aceite de palma proveniente de plantaciones de Malasia e Indonesia para abastecer los mercados de Europa y EU. La empresa constructora, Neste Oil de Finlandia, señala que se trata de un cultivo sostenible; en cambio organizaciones ambientales señalan que las plantaciones han destruido el hábitat selvático de manera importante, liberando más CO<sub>2</sub> a la atmósfera y poniendo en peligro a orangutanes, elefantes y tigres. Next Fuel (2010).

10 Por ejemplo, desde 2003, British Petroleum y la biotecnológica DuPont desarrollan una nueva generación de biocombustibles para transporte renovable – biobutanol- como un componente de la gasolina. Y en Brasil se planea utilizar la soya transgénica para la producción de biodiesel, siendo Monsanto la proveedora de la semilla (Crespo).

## Eje ambiental

Los biocarburantes y su utilización como nueva fuente energética ha sido tratada en diversos foros internacionales, como la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) desde 2002 y el Grupo Asesor Científico y Técnico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, con el propósito de establecer un diálogo político mundial sobre la bioenergía y los usos eficientes y sostenibles de la biodiversidad de cada país. A partir de 2006, el Convenio Sobre la Diversidad Biológica por medio del Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico, puntualizó la preocupación del posible impacto que se tendrá por la producción de biocombustibles a nivel mundial en la sustentabilidad de la diversidad biológica. La CDS pone énfasis en la transición hacia patrones de producción y consumo sustentables como centro del desarrollo sustentable; y en la sesión de mayo de 2011 uno de sus tres ejes de discusión es del transporte<sup>11</sup>.

El quid es que el uso de los combustibles fósiles acumula bióxido de carbono en la atmósfera y tienen un alto porcentaje de emisión de gases de efecto invernadero. Como atenuante se tiene que los sistemas de biocombustibles, debido al bajo contenido de carbono y en casos específicos nulas emisiones del mismo, pueden contribuir a atenuar el cambio climático. Sin embargo, las evaluaciones indican que a menudo la utilización del suelo para cultivos energéticos aumenta dicho riesgo y puede llegar a tener un impacto significativo en la biodiversidad de las regiones en esta situación. Por ello los biocombustibles desde la producción hasta el consumo siguen siendo objeto de debate.

A favor se argumenta que hay efectos positivos con la introducción de cultivos energéticos al ampliar la rotación y sustituir los sistemas de monocultivos menos favorables, además de reducir el acarreo de sedimentos y prevenir la erosión del suelo. O bien que la nueva matriz energética al introducir biocombustibles brinda a los países en desarrollo oportunidades de acceder a nuevos mercados de materias primas y colateralmente reducir la pobreza.

También se señala que los vehículos que utilizan las mezclas de gasolina con etanol en un diez por ciento reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en cuatro por ciento, y utilizando 85% de etanol en mezcla con gasolina se pueden reducir hasta 46%; además también se reduce la emisión de monóxido de carbono en 30% y las emisiones de dióxido de carbono en 27%, aunque este último también es liberado en el proceso productivo del etanol (Graboski, 2002).

Empero, los efectos positivos para el medio ambiente son limitados dado que la tasa de sustitución frente a la gasolina es baja; y el ahorro en la emisión de gases de efecto invernadero es sumamente criticado pues observando el ciclo completo del proceso de producción del etanol, se tiene un alto

---

11 [En línea] <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/csd.htm> (consultado el 14 de marzo de 2011).

grado de consumo energético en la producción agrícola sin mencionar el alto consumo de agua requerido en el proceso.

De hecho si no hubiese control en la producción de bioenergéticos, los efectos previsibles serían: escasez y aumento del precio de los alimentos con la consecuente reducción del poder adquisitivo de los consumidores de bajos recursos, así como aumento de los monocultivos provocando la pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas, pues la gran demanda de tierra reduciría la superficie para otros cultivos<sup>12</sup> (Cardozo, 2010; Sonnet, 2007 y Bronstein, 2007).

En particular y de manera significativa, la consecuencia directa de la expansión agrícola con fines bioenergéticos en cuanto a la destrucción del hábitat queda manifiesta en Brasil, donde se estima que para el año 2016 el país perderá cerca de 2.8 millones de hectáreas de selva para cubrir la demanda de bioetanol (Almeida, 2010). El problema a la vista es la deforestación y la destrucción de los ecosistemas<sup>13</sup>.

La diversidad biológica también puede perderse con prácticas agrícolas insostenibles y la utilización de insumos químicos que contaminen el agua y provoquen erosión o compactación del suelo. Según el estudio realizado para la segunda edición de la Perspectiva Mundial sobre Diversidad Biológica en 2006, se exploró un escenario en donde el uso de la bioenergía conseguiría un ahorro de energía del 23% de la oferta mundial en este rubro para el año 2050<sup>14</sup>. Sin embargo, las metas positivas que se obtendrían al mitigar el cambio climático y reducir la utilización de combustibles fósiles, no compensaría la pérdida negativa del 2% del hábitat natural causado por la plantación de cultivos energéticos en la superficie agrícola mundial, llevando a la pérdida de la biodiversidad en uno por ciento.

El dilema no es menor pues con la producción actual de combustibles fósiles sólo se podrá cubrir el 50% de la demanda energética para el año 2020 (Kröger y SF). Situación que previsiblemente se agudizaría por el hecho de que en promedio se consumen dos barriles de petróleo por cada uno que se descubre<sup>15</sup>. Si el petróleo es una cantidad finita, cualquiera que sea su monto, hay certeza respecto a que este recurso en algún momento se terminará; en cambio la energía renovable visualizada como un flujo en el tiempo puede aumentar sin restricción aplicando las políticas adecuadas.

### **Dinamismo del mercado**

La producción mundial de biocombustibles, de acuerdo con la OPEP, podría acercarse a los 3 millones de barriles diarios para el año 2030, con una tasa promedio anual de 6%, siendo Estados Unidos

---

12 Next Fuel (2010).

13 Discapnet (2007).

14 MNP and GLOBIO Consortium (2006).

15 Organización de Países Exportadores de Petróleo (2007).

el mayor productor debido a las políticas de promoción que el gobierno está llevando a cabo. Brasil aumentará su producción en un 40%, mientras la Unión Europea demandará cerca de 500 mil barriles diarios para el 2014<sup>16</sup>.

Según la OPEP, la oferta de biocombustibles se dará por las políticas de estímulo al sector, principalmente por los grandes países consumidores de energía. La oferta de biocombustibles podría alcanzar los cinco millones de barriles diarios para el año 2030, implicando una reducción de la demanda del petróleo.

De hecho se esperaba que el etanol representara ya en el año 2008 una parte creciente de la demanda total de combustible para transporte, agregando cerca de 350 mil barriles por día, alcanzando una producción total mundial de 1.5 millones a finales de ese año. *Pari passu*, el comercio internacional del etanol se ha incrementado en un 50% en los últimos seis años, además el mercado internacional de biodiesel también ha crecido considerablemente aunque de manera pautada<sup>17</sup>.

El comercio internacional de etanol ha tenido un crecimiento significativo y las perspectivas futuras para este combustible son positivas, no sólo por la mejoría de los precios relativos, sino también por las regulaciones que se establecen en los mercados para contribuir a mitigar el efecto invernadero. A nivel mundial la producción de etanol equivale a unos cuarenta billones de litros (Brasil produce el 37.5% del total), de los cuales el sesenta por ciento se utilizan para fines energéticos.

### **Biocombustibles frente a la seguridad alimentaria**

Uno de los principales aspectos de los biocombustibles en la relación que se establece con la agricultura es la seguridad alimentaria. Por ejemplo, a pesar de que la producción de biocombustibles para el año 2030 puede alcanzar la cantidad equivalente a 147 millones de toneladas de petróleo, esto únicamente cubriría el 7% de la demanda energética para transporte<sup>18</sup>.

Hoy día se utilizan alrededor de 14 millones de hectáreas para producir biocombustible líquido equivalente al uno por ciento de la tierra cultivable del mundo, y se espera que para el 2030 podría alcanzar el 3.8%. Por ello la disponibilidad de alimentos puede verse afectada si se desvían cultivos alimentarios a la producción de bioenergía. Aspecto muy delicado si se toma en cuenta que para el año 2050 se pretende cubrir 25% de la demanda energética mundial con biocombustibles<sup>19</sup>.

---

16 Ídem.

17 El etanol tiene una producción cercana a los 700 mil barriles diarios y es el principal biocarburante producido en Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea (UNCTAD, DITC y TED, 2006).

18 Agencia Internacional de Energía y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2006).

19 Plan de Agroenergías de Brasil. (4 de octubre de 2008).



En esta visión de largo plazo habría que agregar que la inestabilidad de los precios del petróleo y de los granos básicos altera a su vez la estabilidad de la seguridad alimentaria (Almeida, 2010). Por ejemplo, para reemplazar la totalidad de la oferta de gasolina en Estados Unidos se necesitaría el 70% del suelo cultivable disponible (Moreira, 2005). Y en la Unión Europea se requeriría 13% del suelo agrícola para alcanzar una cuota reducida de 5.75% de su consumo energético<sup>20</sup>.

### Matriz energética mundial y etanol

En el año 2010 el petróleo representó el 34% del combustible total utilizado en el mundo, el carbón 28% y el gas natural el 23% (Cuadro 1). La proyección al año 2030 muestra la misma estructura en la cual el consumo de energía primaria se sustentará en combustibles fósiles con un poco más de cuatro partes del total<sup>21</sup>.

**Cuadro 1**  
**Consumo Mundial de Energía Primaria**

	<b>Petróleo</b>	<b>Gas Natural</b>	<b>Carbón</b>	<b>Energía Nuclear</b>	<b>Energías Renovables</b>
2006	36%	23%	27%	6%	8%
2010	34%	23%	28%	6%	9%
2020	33%	24%	27%	6%	11%
2030	32%	23%	28%	6%	11%

Fuente: US Department of Energy. (2009) (la unidad de medida es la de Tetracalorías)

Más allá de la condición del petróleo como recurso no renovable, el detonante de la necesidad de construir un nuevo paradigma energético cobró fuerza por la escalada de precios del petróleo en cuatro años, al pasar de un poco más de 30 dólares el barril de WTI en el año 2004 al pico de 147 dólares en julio de 2008<sup>22</sup>. Esta situación hizo rentables en el margen otros proyectos energéticos a base de materias primas agrícolas para producir etanol. En el mismo período la tasa de crecimiento del PIB mundial fue de casi cuatro por ciento anual hasta la crisis financiera primero, y productiva después, en 2008-2009; contrastando con una baja tasa de crecimiento 1.3% en la década previa (Bauzá, 2009).

<sup>20</sup> European Commission (2006).

<sup>21</sup> En el año 2004 sólo el 1.3% del combustible total utilizado correspondió a bioenergéticos modernos; situación que consideramos poco haya cambiado a la fecha. International Energy Agency. 2006. <http://www.iea.org/> (consultado el 10 de diciembre de 2010).

<sup>22</sup> A la explosividad de los precios del petróleo habría que sumar las importaciones energéticas de India y China en la última década; economías que con su ritmo de crecimiento aumentan la presión sobre los recursos naturales fósiles y biológicos.

Es así como los biocombustibles se posicionaron como una oportunidad significativa para diversificar la matriz energética, disminuyendo la dependencia de fuentes fósiles y fomentando la integración tecnológica con las cadenas de producción y diversos actores que participarán en el desarrollo de la industria de los bioenergéticos.

Cabe mencionar que la tendencia a una mayor producción de bioenergéticos a nivel mundial seguirá presionando los precios de los granos en los mercados mundiales, y si los precios del petróleo se sitúan por arriba de los 100 dólares por barril y los de las materias primas a utilizar no se incrementan considerablemente, los biocombustibles pueden ser competitivos respecto al consumo de derivados de combustible fósil<sup>23</sup>. El mundo ya empieza a renunciar al consumo del petróleo y a cubrir la demanda de energía con biocombustible con las consecuencias sociales que ello entraña (ONU, 2007a).

Brasil y Estados Unidos son los países más avanzados en investigación, producción y utilización de bioenergía a nivel mundial. Y la matriz bioenergética ha quedado delineada desde hace una década, de tal forma que el 75% de la producción total de etanol le corresponde al Continente Americano, concentrado en dos países pues Brasil participa con 38% y Estados Unidos con 24%; a Asia le corresponde 20%; Europa tiene 13.3% y África con 1.7% (Berg, 2004). En cuanto al consumo, cabe una mención particular el caso de Brasil pues desde la primera mitad de la década anterior ya había consolidado un amplio mercado interno tomando en cuenta que, adicionalmente al hecho de que más de 18 millones de automóviles utilizaban etanol, tres millones consumían etanol puro y 15 millones consumían gasolina con 25% de etanol (Nogueira, 2004).

Y en el caso de EU, la regulación contenida en la *Ley de Política Energética 2005* (Westcott, 2007) obliga a que la gasolina contenga 10% de etanol por litro, esperando que para 2012 se alcancen 7,500 millones de galones de etanol utilizados, además de prohibir la utilización de aditivos. Y ya se utilizaban 44 millones de hectáreas cultivables de maíz (a expensas de la superficie cultivada con frijol, soya y trigo), estimulando a los productores en la época con precios promedio rentables de ciento treinta y cuatro dólares por tonelada (Dermot, 2007).

## 2. El caso de México

### Matriz Energética Primaria

En toda economía es deseable una reforma energética de largo plazo que lleve los recursos disponibles a usos más rentables socialmente. En esta política hoy día un objetivo es consolidar la alternativa verde.

---

23 Por la crisis política en el primer trimestre de 2011 en Túnez, Argelia, Egipto y Libia, los precios del petróleo se dispararon. Sin embargo, el efecto precio del petróleo que interesa aquí es aquél relacionado con las condiciones normales del mercado mundial.

En México la controversia principal es la problemática del sector energético en su conjunto, pues existe un rezago de competitividad en transporte y electricidad, así como déficit en gasolina. El incremento de la demanda eléctrica por el crecimiento industrial y de otros sectores de consumo, la creciente dependencia en los hidrocarburos para electricidad y una prospectiva que señala una cada vez mayor escasez de los mismos, indican la urgencia de incursionar en otras formas de generación eléctrica. Los retos más difíciles son la seguridad en la materia y las nuevas políticas de precios y tarifas que impulsen la diversidad, como es el caso del etanol en Brasil.

Paradójicamente, siendo México un gran exportador de petróleo, es importador de gasolina debido al déficit en refinación. Y de mantenerse esta situación se estima que para el año 2015 las importaciones podrían alcanzar la mitad de la demanda nacional<sup>24</sup>. En consecuencia, el problema es de suyo grave pues la producción cubre sólo 62% de las necesidades, y la tasa de crecimiento de 3.1% de la demanda de gasolina en 2002-2007 se estimó en 4.1% para 2007-2012 (Oliva, 2007 y Arzate, 2008)<sup>25</sup>. Otra forma de plantear el problema es vía costo de importación de gasolina que en el año 2008 fue equivalente al 30% del valor de la exportación de crudo; y a octubre de 2010 era una cifra similar (29%)<sup>26</sup>. Por ello se espera aumentar la producción de gasolinas para que en 2015 la oferta satisfaga el 80.6% de la demanda interna (Sener, SFA).

Habida cuenta de la transición energética por razones ambientales y por el incremento en la demanda y precios del petróleo, en México hay que considerar además problemas económicos y tecnológicos para la incorporación de nuevos yacimientos, pues las reservas probadas disminuyeron en un 35% de fines de 1998 a 2010; en el mismo lapso las reservas probables disminuyeron en 36.6% (Cuadro 2).

**Cuadro 2**  
**Reservas de hidrocarburos (1998-2007)**  
**(miles de millones de barriles de petróleo crudo)**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009*	2010*
Probadas	24.9	25.1	23.5	21.9	20.1	18.9	17.6	16.5	15.5	14.7	10.4	13.9
Probables	21.4	21.2	21.3	20.8	17.0	16.0	15.8	15.8	15.3	15.1	14.5	14.2
Posibles	11.5	12.0	11.3	10.3	13.0	13.1	13.4	14.2	14.6	14.6	**	14.8

Fuente: PEMEX, Informe Reserva de Hidrocarburos 2007. / \*: Sener (2010)

24 Casi 500 mil barriles diarios (2008a).

25 PEMEX (2008b).

26 Banco de Información Económica. Inegi. Sector Externo [en línea] dgcnesy.inegi.gob.mx

En suma, se está frente a un grave problema energético, tanto en la producción, consumo y exportación de crudo, como en la refinación de gasolina. De ahí que se requiera tener un sector con mayor diversidad y que fortalezca la seguridad en la materia.

En cuanto a la producción de energía primaria medida en petajoules, con la información disponible para el año 2006, ésta se estructura principalmente con base en hidrocarburos con una aportación del 90% del total (Cuadro 3)<sup>27</sup>. Es poco probable que esta matriz primaria haya cambiado a la fecha o pueda hacerlo de manera drástica a futuro.

**Cuadro 3**  
**Producción de energía primaria 2006**

	<b>Petajoules</b>	<b>Estructura porcentual</b>
<b>Total</b>	<b>10,619.0</b>	<b>100.0%</b>
Carbón	230.7	2.2%
Hidrocarburos	9,553.7	90.0%
Petróleo crudo	7,304.3	68.8%
Condensados	141.1	1.3%
Gas natural	2,108.2	19.9%
Electricidad primaria	490.3	4.6%
Nucleoenergía	119.4	1.1%
Hidroenergía	303.5	2.9%
Geoenergía	66.9	0.6%
Eólica	0.4	n.s
Biomasa	344.1	3.2%
Bagazo de caña	96.9	0.9%
Leña	247.2	2.3%

Fuente: Sener (2006).

n.s.: no significativo

En cuanto a la estructura sectorial de consumo energético, la mayor parte corresponde al transporte (44%) -a la vez el más dinámico en su crecimiento-; en seguida, pero a buena distancia el sector industrial representó el 28.1%; y el residencial, comercial y público el 18.7% (Cuadro 4). Esta estructura del consumo de energía puede tomarse como válida hoy día.

27 Joule: Es la cantidad de energía que se utiliza para mover un kilogramo masa a lo largo de una distancia de un metro, aplicando una aceleración de un metro por segundo al cuadrado.

**Cuadro 4**  
**Consumo final de energía (petajoules)**

	2006	Variación porcentual 2006/2005	Estructura porcentual 2006
Consumo final total	4524.6	3	100%
Consumo no energético total	287.5	-6.2	6.4%
Petroquímica de Pemex	198.5	4.3	4.4%
Otras ramas económicas	89	-23.4	2.0%
Consumo energético total	4237.1	3.7	93.6%
Residencial, comercial y público	844.1	0.2	18.7%
Transporte	1991.3	6.8	44.0%
Agropecuario	128.2	4.7	2.8%
Industrial	1273.3	1.5	28.1%

Fuente: Sener (2006).

El combustible más utilizado sigue siendo la gasolina, la cual representa el 30.2% del total, seguida del diesel con 15.7%; mientras el gas licuado tiene 9.9%, leña 5.8%; bagazo de caña 2.2% y carbón mineral con 0.1%; en tanto que la electricidad, generada en buena medida con petróleo, participa con 15% (Sener, SFb). Es claro que los hidrocarburos constituyen la principal fuente en la producción de energía primaria y los biocombustibles no tienen ninguna relevancia.

En consecuencia, la importancia de poder desarrollar alternativas verdes tendrá como resultado no sólo la reducción de costos en los diversos sectores industriales<sup>28</sup>, sino que también será un elemento fundamental para disminuir los impactos ambientales.

Los biocombustibles alternativos más viables para México son el biodiesel y el etanol, que pueden ser una fuente de crecimiento industrial y agrario a la vez. El país se caracteriza por un alto cultivo de plantas energéticas y por ello se puede desarrollar una agricultura capaz de generar semillas oleaginosas, para extraer aceite y producir biodiesel; mientras las hojas y la celulosa de las mismas pueden utilizarse para obtener azúcares que a su vez posibilitan la producción de etanol.

<sup>28</sup> Para poder fortalecer los proyectos relacionados con la energía renovable, el Fideicomiso de Riesgo Compartido junto con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, han instrumentado una serie de mecanismos a través de programas que apoyen con financiamiento a los negocios o empresas que deseen incorporar las energías alternativas dentro de sus procesos productivos o incluso producir dicha energía alternativa. FIRCO (2011).

### Marco legal: Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos

A inicios de 2005 se aprobó la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados para regular el uso de las nuevas tecnologías en la materia, habida cuenta de que el maíz es un cultivo de origen nativo y como medida para proteger la diversidad biológica, el medio ambiente, la sanidad humana, animal, vegetal y acuícola. En noviembre de 2006 la Secretaría de Energía (Sener) avanzó en el análisis de costos de producción de biocombustibles para el transporte<sup>29</sup> y a inicios de 2008 se expidió La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, y en este marco se creó la Comisión de Bioenergéticos con la participación de cinco secretarías<sup>30</sup>.

Esta Ley tiene como objetivo fomentar la actividad agropecuaria y forestal, contribuir a la diversidad energética y al desarrollo sustentable; así como promover la investigación en tecnología en el ramo. Las leyes anteriores se complementan en un sentido ambientalista y de seguridad alimentaria.

En cuanto a los bioenergéticos el objetivo es impulsar las cadenas productivas de la caña de azúcar, maíz y oleaginosas y avanzar en alternativas energéticas ante la reducción de las reservas de hidrocarburos, en especial del etanol para complementar a la gasolina y al diesel para adicionarlo al biodiesel. El objetivo es propiciar la autosuficiencia energética y el mejor aprovechamiento de la producción agrícola, dándole un valor adicional que es la producción de combustibles.

Con este marco legal se está en posibilidad de definir jurídicamente las fuentes renovables de energía, en particular la biomasa; se establecen incentivos a la producción de etanol en la industria azucarera para ser usado como combustible; se norma la utilización del etanol como oxigenante de la gasolina en todo el país y, en particular, como insumo del ETBE en las grandes ciudades<sup>31</sup>; se propone impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico en fuentes renovables en especial los bioenergéticos; y el Estado tiene la obligación de sustituir el MTBE por el etanol o el ETBE como oxigenante<sup>32</sup>.

---

29 SEMER (SFa).

30 Las secretarías de Agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación; Energía; Medio ambiente y recursos naturales; Economía; Hacienda y Crédito Público.

31 ETBE: biocombustible derivado del etanol. Las siglas significan *etil ter-butil eter* y se obtiene por síntesis del etanol con el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. El ETBE posee las ventajas de ser menos volátil y más miscible con la gasolina que el propio etanol y, como el etanol, se aditiva a la gasolina en proporciones del 10-15%. La adición de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo.

32 MTBE: biocombustible de origen fósil y sus siglas significan *metil ter-butil eter*. Se fabrica combinando sustancias químicas como isobutileno y metanol, y se usa como aditivo para incrementar el octanaje de la gasolina sin plomo.

Se asigna a Sagarpa la función de impulsar la producción de insumos para bioenergéticos sin poner en riesgo la seguridad alimentaria<sup>33</sup>. La Sener impulsará el desarrollo y la comercialización de estos combustibles verdes, estableciendo normas oficiales para mezclas de etanol con gasolina y biodiesel con diesel, o bien en forma pura cuando la demanda lo permita. A su vez, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales es la encargada de establecer los lineamientos sobre el medio ambiente, evitando el cambio de uso de suelo forestal a agrícola para utilizarse en la producción de bioenergéticos.

### **Biodiesel**

En países desarrollados se establece como norma el 5% de biodiesel como aditivo al gasoil, y se pretendía que en 2010 la mezcla fuese del 10%; y puede complementarse con combustible diesel bajo en azufre. Los cultivos más competitivos son la palma, girasol y soya (Maser et al. 2006). Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel.

En México para poder sustituir 55% del diesel de petróleo sería necesario instalar cerca de las refinерías o plantas productoras de aceite vegetal diez plantas con capacidad de 100 mil t/año. Las inversiones iniciales estimadas para un escenario de 5% de sustitución eran por un monto aproximado de 300 millones de dólares. La introducción de dicho biocarburante podría basarse en materias primas de bajo costo como los aceites o las grasas recicladas (Sener SFc).

### **Etanol**

De acuerdo con la legislación, inicialmente se utilizaría como combustible una mezcla del 6% de etanol y el resto gasolina, y gradualmente se incrementaría hasta alcanzar un 10% como máximo de combinación. Cabe señalar que la producción de etanol será viable siempre y cuando se produzca de caña de azúcar y no de maíz, pues este último es la base de la pirámide alimentaria. Además, también se debe renovar la flota vehicular y evitar la producción de etanol con procesos agrícolas deficientes, pues se puede dar la paradoja de aumentar la contaminación más de lo que se pretende reducirla.

La situación es compleja, pues si se emplean técnicas agrícolas y de procesamiento adecuadas, los biocombustibles pueden ofrecer ahorros en emisiones de al menos un 50% en comparación con combustibles fósiles. Pero hay daños colaterales, pues no obstante de que se trata de energía renovable, ello no elimina su lado oscuro al competir no sólo con espacios alimentarios, sino también con espacios naturales como selvas y bosques. Ambientalmente son más necesarios los espacios anteriores como consumidores de gases de invernadero que una plantación para producir combustibles ecológicos (Cervantes y Montes, 2011).

---

33 Sagarpa: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Sin embargo se deben definir con claridad los costos de producción ya que, por ejemplo, una alternativa rentable del etanol depende del precio del hidrocarburo y su transportación usualmente es por medio de ferrocarril o camiones pipa, debido a que su estructura química se puede adherir fácilmente al agua que suele haber en ductos, lo cual limita su utilización.

En octubre de 2006 se iniciaron los trabajos para la construcción de dos plantas de etanol, utilizando como materia prima el maíz. Conjuntamente su producción se estimaba en aproximadamente 55 millones de galones de etanol por año y el consumo anual de maíz sería de 355 mil toneladas<sup>34</sup>. Para que este tipo de combustible empiece a comercializarse, hay que realizar diversas adecuaciones como por ejemplo que la Sener fomente y regularice el etanol como aditivo.

Destilmex fue la primera empresa mexicana que inició en mayo del 2008 pruebas para producir etanol. Ubicada en Sinaloa, Noroeste del país, la compañía fue proyectada para una capacidad de producción de 30 millones de galones de etanol al año, cuya producción se destinaría a la exportación a California. La empresa planeaba construir una segunda unidad en 2009 a condición de que Petróleos Mexicanos (PEMEX), empresa paraestatal, empezara a mezclar el biocombustible con gasolina<sup>35</sup>.

A principio de 2009 surgió una iniciativa de inversión colombiana para construir una planta en Chiapas por un valor de dos millones de dólares en el marco de un convenio de los gobiernos de México y Colombia. La tecnología la aporta al cien por ciento la inversión extranjera para producir hasta 50 mil litros diarios de biodiesel a partir de aceite<sup>36</sup>. A inicios de 2010 se puso en operación un transporte público (Conejobus) en el sureste en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando biodiesel vinculado al proyecto anterior<sup>37</sup>.

También está proyectado el primer vuelo con biocombustible para el primer trimestre de 2011 de la aerolínea Interjet<sup>38</sup>. Y se pretende que en 2015 el país sea el principal abastecedor de bioturbosina a EU, producida a partir de plantas no comestibles (jatropha y salicornia) para abastecer al motor verde con aceites vegetales de segunda generación<sup>39</sup>. Es decir, aún cuando se trata de hechos aislados en el sector privado, la ruta está trazada hacia la mayor utilización de biocombustibles.

---

34 Coordinación General de Comunicación Social (2006).

35 López (2008), "Destilmex iniciará en mayo pruebas para producir etanol". Periódico *El Financiero*, México. 18 de abril de 2008, pág. 23.

36 Milenio. "Construirá Colombia planta de biocombustibles en México." 26 de febrero de 2009, México [<http://www.Milenio.com/node/174729>]

37 <http://www.sipse.com/noticias/26940-inicia-chiapas-biocumbistibles-mexico.html>

38 *El Financiero*, Negocios (consultado el 29 de octubre de 2010).

39 Telemundo Atlanta. <http://www.telemundoatlanta.com/2.0/3/23/798133/Mexico>. (consultado el 16 de enero de 2011).



En el marco de las políticas públicas, PEMEX programó construir una planta piloto de etanol en Guadalajara en el año 2009 para que en octubre de 2011 se empiecen a mezclar las gasolinas; y se proyecta para el 2011 y 2012 oxigenar con etanol la gasolina en Monterrey y la Ciudad de México, respectivamente. Empero, los costos de las materia primas para la producción de etanol parecen haber estancado el proyecto inicial en Guadalajara, por lo que PEMEX proyectó una segunda licitación en octubre de 2010<sup>40</sup>.

Tomando en cuenta los proyectos para producir etanol, los escenarios posibles para el año 2012 muestran que utilizar una mezcla de E10 en la gasolina utilizada en el país tendrá una demanda estimada de 4,406.30 m<sup>3</sup>/ año con un ahorro de divisas de 1,982 millones de dólares (Cuadro 5).

**Cuadro 5**  
**Escenarios posibles para 2012**

Escenario	Demanda estimada de etanol (1000 m <sup>3</sup> / año)	Ahorro de divisas por reducción de importación de gasolina (millones de dólares)
Sustitución de la producción nacional de MTBE por ETBE, en la capacidad de producción (oxigenante)	411.9	185.3
Sustitución total de los éteres por E5 en 44% de la gasolina	1,110.60	499.5
Mezcla de E10 en toda la gasolina del país	4,406.30	1,982.8

Fuente: SENER (SFa y SFc).

### Costos de oportunidad

La República Mexicana tiene una superficie aproximada de 2 millones de km<sup>2</sup>, y de acuerdo al criterio de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en países afectados por sequía grave o desertificación, en el país el 61% del total tiene un déficit de humedad severo o moderado durante el año (Cuadro 6).

40 CEMDA.org.mx. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. [http://sintesis.cemda.org.mx/artman2/publish/Energia/Deiene\\_marco\\_legal\\_al\\_etanol.php](http://sintesis.cemda.org.mx/artman2/publish/Energia/Deiene_marco_legal_al_etanol.php) (consultado el 14 de marzo de 2011).

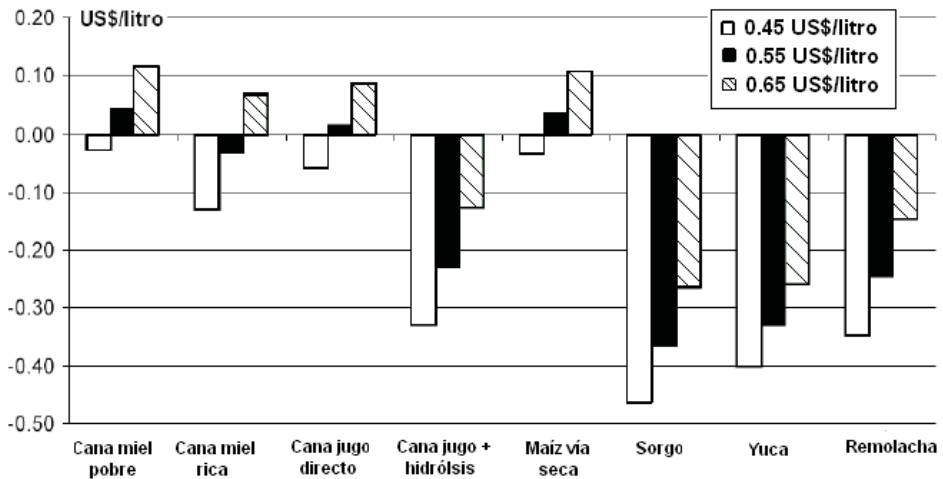
**Cuadro 6**  
Principales climas en México

Clima	Superficie
Total	100%
Áridos y Semiáridos	61.1%
Subhúmedos	21.9%
Húmedos	9.6%
Super húmedo	3.2%
Otros	4.1%

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos y Protección Ambiental.

Esta situación climática hace atractivos a futuro los cultivos energéticos de segunda generación no alimentarios en las zonas semiáridas. En este momento, tomando en cuenta las regiones, climas y el uso de agua para fabricar etanol, los principales cultivos a utilizar son la caña de azúcar y maíz, los cuales valorados a precios actuales y bajo tres posibles precios de etanol, muestran mayor rentabilidad respecto al sorgo, yuca y remolacha (Gráfica 1).

**Gráfica 1**  
Rentabilidad de los insumos en la producción de etanol



Fuente: SENER (SFa y SFc).

Con respecto a los posibles insumos que se utilizarían, el conocimiento agronómico es alto en caña de azúcar y maíz, mediano en sorgo, limitado en yuca y bajo en remolacha, por lo cual la posibilidad de integración productiva y uso de subproductos es alta en los dos primeros insumos; la caña de azúcar y el maíz son cultivos óptimos para producir etanol, siendo el primero el de mayor viabilidad como insumo pues el país es autosuficiente en azúcar pero deficiente en maíz.

Aun cuando es manifiesta la ventaja comparativa de la caña de azúcar para producir etanol, hay un problema de precios de indiferencia en un mercado *sui generis*. Es decir, si el único vendedor de gasolina es el monopolio estatal, éste también actúa como único comprador de etanol para mezclarlo con gasolina.

Por lo tanto, la política de biocombustibles puede definirse de manera institucional en cuanto a su distribución. No así en la producción pues ello depende en primer lugar de los incentivos a los productores de caña de azúcar para obtener la materia prima; y en segundo término de la instalación de plantas construidas *ex profeso* para producir etanol. De tal forma que en la cadena producción-consumo el primer eslabón es la parte a cimentar vía políticas públicas y definir la "zona económica del etanol", en la cual resulte rentable esta producción (Becerra Pérez, 2009).

Empero la rentabilidad económica de mercado puede chocar con los intereses sociales dado que aumentar la producción de etanol sin ampliar la superficie total de cultivo de caña de azúcar o sin la generación de excedentes de azúcar, podría llevar al déficit en este bien de consumo básico. ¿Además, es posible ampliar el cultivo sin disminuir la producción de otros bienes cuando la agricultura en el país es deficitaria en granos básicos? ¿y cuando en general se tiene una balanza agroalimentaria deficitaria?<sup>41</sup>

En cuanto al maíz, sus cualidades genéticas lo hacen uno de los cultivos con más presencia en el mundo. En México, el cultivo cubre el 65% de la superficie agrícola destinada a granos básicos. Se pretende industrializar cerca de 2.5 millones de toneladas de maíz en el transcurso de 2006-2011<sup>42</sup>. Colocando al etanol como un factor detonante del crecimiento y el desarrollo de la economía regional. Sin embargo cabe señalar que Sinaloa –que produce el 40% del total del grano- no es productor de maíz amarillo, cuya variedad es central en la producción de etanol, colocando a nuestro país en el ámbito de las adquisiciones externas y situando un escenario difícil para los agricultores y productores que pretendan elaborar etanol en nuestro país.

---

41 Este es un problema estructural de la economía mexicana que se arrastra desde hace tres décadas.

42 Teorema Ambiental (2008).

Aun más, dada la aleatoriedad natural de la agricultura y el cambio climático observado, la producción de maíz tiene fluctuaciones amplias; así en 2006 se produjeron 30 millones de toneladas (Mt), de las cuales el 72% fue blanco y el 18% amarillo, su precio en diciembre de 2007 fue de 366 dls/ tonelada. Pero la producción bajó a 20 Mt en 2009 y se estimaba en 24.2 Mt para el año 2010<sup>43</sup>. En tanto que el precio del maíz, en diciembre del último año, se ubicó en el rango de 210-250 dls/ tonelada<sup>44, 45</sup>.

Y los recientes problemas climáticos por las severas nevadas en enero-febrero de 2011, provocaron una catástrofe agrícola en Sinaloa destruyendo todos los cultivos, siendo el maíz el más afectado.

Teniendo como telón de fondo este escenario, la inversión necesaria para producir etanol en una mezcla de E10 en toda la gasolina en la proyección gubernamental se estimó en aproximadamente 1,600 millones de dólares utilizando maíz como materia prima; mientras para la caña de azúcar con miel rica su inversión sería de aproximadamente 2,100 millones de dólares. Ambas inversiones son menores en comparación con el sorgo, la yuca o la caña en jugo en un proceso de hidrólisis<sup>46</sup>.

La inversión sería menor si se utiliza el etanol en sustitución total de los éteres por E5 en el 44% de la gasolina del país y como oxigenante se tendría un mejor panorama económico. Para la caña de azúcar en miel pobre y miel rica, la inversión necesaria sería de 2,160 millones de dólares; en caña de azúcar jugo directo, la inversión sería de 2,400 millones de dólares y en maíz bajo un proceso de elaboración vía seca, la inversión estaría cercana a los 3,000 millones de dólares<sup>47</sup>.

El costo de producción es incierto pues queda incluido dentro del costo de producción de azúcar en los ingenios o de maíz en los campos de cultivo, además de que se deben de implicar otros elementos como mieles, combustible utilizado, productos químicos, agua, mano de obra, etc.

Los costos más importantes en la producción de etanol son los de las materias primas a utilizar, que en el caso del maíz representaría 0.30 dls/litro de etanol y para la caña de azúcar representa menos de 0.25 dls/litro de etanol<sup>48</sup>. Si se aplican mezclas de etanol en relación de 3, 6 y 10% a la gasolina magna en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México a 2,240 metros sobre el nivel del mar, se puede

---

43 Sagarpa (2010a y 2010b).

44 Sagarpa (SF).

45 Para poder optar por el etanol como combustible energético se requeriría de grandes áreas de cultivo pues sólo incorporar 20% de etanol a la gasolina utilizada en la zona metropolitana de la Ciudad de México implicaría utilizar casi 500 mil hectáreas, esto sin tomar en cuenta también los costos asociados a los insumos utilizados en su proceso productivo. SENER (SFc).

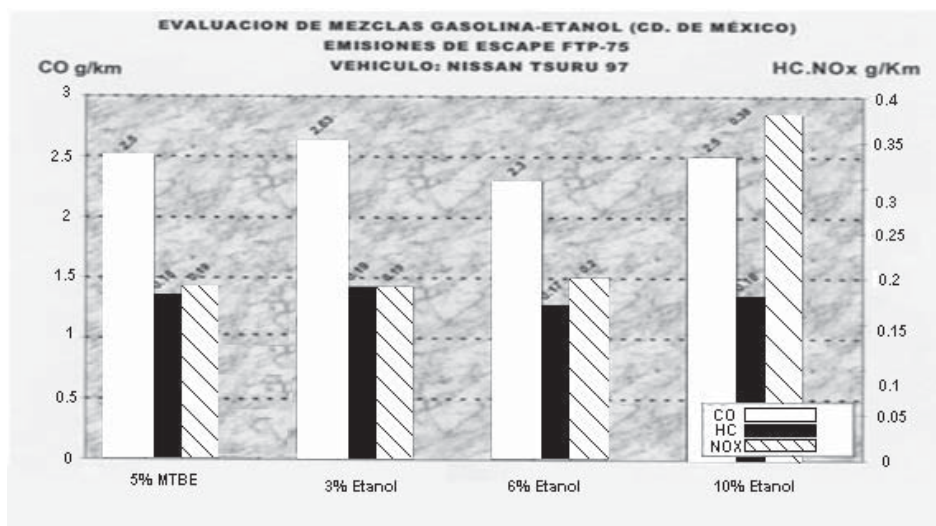
46 Íbid.

47 Íbid.

48 Íbid.

observar que los mejores resultados se obtienen bajo la mezcla de 6%, con reducciones significativas en HC y CO (Gráfica 2)<sup>49</sup>.

Gráfica 2



Fuente: Poy (2005).

La producción de etanol utilizando caña de azúcar representa mayores beneficios en cuanto a su productividad, autosuficiencia energética y generación de subproductos. El etanol producido con caña de azúcar produce más energía por unidad de energía fósil utilizada, representando así un impacto mayor en la reducción del consumo de combustible fósil.

No obstante, el problema más grave de los bioenergéticos es su vinculación con el mercado de granos básicos, pudiendo ocasionar problemas con la seguridad alimentaria en un doble sentido. Primero por el efecto precio en el grano, pues la producción actual es insuficiente para satisfacer la demanda importando 23 de cada 100 kilos consumidos, básicamente para uso forrajero<sup>50</sup>; y segundo, producir etanol en México a partir de la producción interna obligaría a destinar tierras para uso industrial y no alimentario del grano.

49 HC (hidrocarburos), CO (monóxido de carbono).

50 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [En] La Jornada. México.(4 septiembre 2008).

El problema podría escalar considerando que los productos transgénicos también inciden en la seguridad alimentaria, pues si bien en México aún no hay “variedades de maíz transgénico especializadas en producir etanol, en el mediano plazo esto es factible, y los problemas de bioseguridad serán mayores por la posibilidad de que este maíz industrial pueda cruzarse en el campo con el maíz comestible” (Massieu, 2009).

El riesgo es agudizar la seguridad alimentaria, además de los altos costos ambientales que conlleva. Por ejemplo, el 8 de marzo de 2011 con la opinión “condicionadamente favorable” de Semarnat<sup>51</sup>, la empresa Monsanto obtuvo de Sagarpa un permiso para la siembra de maíz amarillo genéticamente modificado, resistente al herbicida glifosato. La reacción inmediata fue por parte de organizaciones ambientalistas como Greenpeace, que reprobaron la decisión del ministerio y aseguraron que viola disposiciones de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Dado que dicho permiso “abre la puerta a siembras masivas de maíz transgénico en México, poniendo en riesgo la alimentación de todos los mexicanos y la agricultura nacional”. En suma, aún cuando no se trata de experimentar con un maíz industrial, el debate en la materia entre políticas públicas, ganancias y hábitat se escala cada vez más.

## Conclusiones

La transición hacia un nuevo paradigma energético está impulsando una nueva geopolítica en materia de biocombustibles, en la cual Estados Unidos como líder mundial en la producción de maíz orienta este cultivo hacia la producción de etanol. Sin embargo, las ventajas ambientales del mismo tienen como limitante el que su producción es a base de materias primas que también son utilizadas como alimento. El costo de sustituir íntegramente el consumo de petróleo y gas natural requeriría casi cuatro veces la superficie agrícola mundial, lo cual lo hace un proyecto completamente inviable.

La coincidencia de intereses de los grandes consorcios del petróleo, la biotecnología genética y de semillas transgénicas, reubica económicamente regiones con vocación bioenergética en América Latina y en la periferia en general.

En México la transición energética parte del declive en la producción de petróleo y el déficit e incremento en los costos de importación de las gasolinas. La alternativa bioenergética más viable es el etanol utilizando la caña de azúcar y el maíz en una mezcla máxima de 10% con la gasolina, lo cual redundaría en un ahorro importante de divisas y repercutiría favorablemente en el medio ambiente. Sin embargo la investigación muestra que este proyecto es cuestionable debido que a los costos de oportunidad serían muy altos en términos de los usos alternativos de las tierras cultivables, particularmente en el caso del maíz, que es el alimento básico nacional.

---

51 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Agencia Internacional de Energía y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. 2006. *Perspectivas Energéticas mundiales*. París: World Energy Outlook.
- Almeida, Adriana. 2010. "Biocombustibles, seguridad alimentaria y biodiversidad". *BIOGENIC Biólogos Genetistas Colombianos*. <http://biogenic-colombia.blogspot.com/2010/05/biocombustibles-seguridad-alimentaria-y.html> (consultado el 26 de mayo de 2010).
- Arzate, Esther. 2008. "Riesgo de desabasto de gasolina en la frontera." *El Financiero*, 21 de mayo de 2008.
- Bauzá, Gabriel. 2009. "El petróleo y la matriz energética mundial." Ponencia presentada en Presente y futuro del sector energético. Santiago Chile.
- Becerra Pérez, Luis A. 2009. "La industria del etanol en México." *Economía UNAM* (16).
- Berg, Christoph. 2004. *Informe sobre producción anual de etanol*. World Fuel Analysis and Outlook. United Kingdom: Kent.
- Bronstein, Víctor. 2007. "La falacia verde." *Suplemento Económico Cash*.
- Cardozo, Lenin. 2010. "Crisis de alimentos y biocombustibles o biocarburantes" Portal Libertario Oaca. <http://www.portaloaca.com/articulos/mundo-natural/907-crisis-de-alimentos-y-biocombustibles-o-biocarburan> (consultado el 18 de diciembre de 2010).
- Cervantes, Sandra, y Adriana Montes. 2011. "Viabilidad de la producción de biocombustibles para el transporte en México." *Tiempo Económico*. Número 17. Abril 2011.
- CNN. 2010. CNN Money. <http://money.cnn.com/2007/03/15/news/companies/ethanol/index.htm> (consultado el 24 de enero 2010).
- Coordinación General de Comunicación Social. 2006. "La producción de etanol, proceso de modernización de la industria agropecuaria del país." *Boletines, Sagarpa*. No. 257.
- Dermot, Hayes. 2007. "Los Biocombustibles y sus efectos en el Sector Agropecuario estadounidense." *Claridades Agropecuarias*. Universidad de Iowa, (169).
- Discapnet. 2007. "Greenpeace dice que los biocombustibles están contribuyendo a destruir bosques y a agravar el problema alimenticio mundial". <http://www.discapnet.es> (consultado el 3 de noviembre de 2010).
- European Commission. 2006. "An EU Strategy for Biofuels: Impact assessment." *Commission of the European Community*. <http://ec.europa.eu> (consultado el 10 de noviembre de 2010).
- FIRCO. 2011. Fideicomiso de Riesgo Compartido. <http://www.firco.gob.mx> (consultado en enero 8 de 2011).
- Graboski, Michael. 2002. *Los límites de la biomasa como energía*. Colorado: Public Policy, National Corn Growers Association. Colorado School of Mines.
- Kröger, Álvaro. SF. "Informe sobre el desarrollo del mercado de biocombustibles en la Unión Europea." *Biocombustibles*.: <http://www.biocombustibles.es>

- Llana, Miguel Ángel. 2007. "Hambre por biocombustibles." Boletín *Entorno*. No. 29, abril 6 de 2007. <http://www.lahaine.org/index.php?p=21501>
- Maserá, Omar, Nicolás Rodríguez, Ignacio Lazcano et al. 2006. *Potenciales y Viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para transporte en México*. SENER-BID-GTZ.
- Massieu Trigo, Yolanda. 2009. "Cultivos y alimentos transgénicos en México." *Argumentos*, No. 59, enero-abril 2009. UAM-Xochimilco.
- MNP y GLOBIO Consortium. 2006. *La vida del planeta tierra y su cruce de caminos - Explorando las metas para el 2010 sobre biodiversidad*. UNEP-WCMC and UNEP/GRID-Arendal. <http://www.biodiv.org> (consultado el 9 de noviembre de 2010).
- Moreira, Nuno. 2005. "Especulaciones cultivables - La nueva tecnología para combustibles y la cosecha tradicional." *Science News* (168).
- Next Fuel. 2010. <http://biodiesel.com.ar/4115/africa-el-eterno-dilema-entre-alimentos-y-biocombustibles>. (consultado el 5 de diciembre de 2010).
- Nogueira, Augusto Luiz. 2004. *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central. Proyecto Uso Sustentable de Hidrocarburos*. CEPAL / ONU en convenio con la República Federal de Alemania.
- Oliva, Ángel. 2007. "Los años en que vivimos en riesgo." Sistema Nacional de Refinerías. *El mundo del Petróleo*, 4(23).
- ONU. 1998. *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- ONU-Energía. 2007a. *Bioenergía Sostenible: Un marco para la toma de decisiones*, abril FAO – Naciones Unidas.
- ONU-Energía. 2007b. *Un enfoque sostenible para la bioenergía*. FAO y CEPAL. Abril.
- OPEP. 2007. Organización de Países Exportadores de Petróleo, World Oil Outlook. <http://www.opec.org> (consultado el 11 de noviembre de 2010).
- PEMEX. 2008a. *Diagnóstico de la situación de PEMEX*. Boletín No. 047. Secretaría de Energía-PEMEX. <http://www.pemex.com/index> (consultado el 30 de marzo de 2010).
- PEMEX. 2008b. *Uso de etanol como oxigenante en gasolinas*. [www.pemex.com/index.cfm](http://www.pemex.com/index.cfm). (consultado 26 de enero de 2011).
- Perlack, Robert, Jack Ranney y Lloyd Wright. 1992. "Consideraciones sobre la energía a partir de la biomasa y su contribuciones atmosféricas, socioeconómica, producción y almacenamiento." *Departamento de energía de los Estados Unidos*. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, U.S.A. <http://www.ornl.gov>.
- Poy, Manuel. 2005. "Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros", [www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx).
- Prospectiva 2020. 2010. *La matriz energética mundial y su probable evolución* [http://www.prospectiva2020.com/docs/informe\\_junio.pdf](http://www.prospectiva2020.com/docs/informe_junio.pdf) (consultado el 13 de noviembre de 2010).



- SAGARPA. SF. Acerca. Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria. [www.infoaserca.gob.mx/fisicos/mz\\_pci.asp](http://www.infoaserca.gob.mx/fisicos/mz_pci.asp)
- SAGARPA. 2010a. *Balanza agropecuaria y agroindustrial* [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/BalanzaComercial/balanza-AV.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/BalanzaComercial/balanza-AV.pdf)
- SAGARPA. 2010b. *Coordinación General de Comunicación Social*, Diciembre 13 [www.sagarpa.gob.mx/sala de prensa/boletines2/paginas2010](http://www.sagarpa.gob.mx/sala%20de%20prensa/boletines2/paginas2010) (consultado el 13 de noviembre de 2010).
- SENER. SFa. Secretaría de Energía. *Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México*. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- SENER. SFb. Prospectiva de Petrolíferos 2006-2015. SENER. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)
- SENER. SFc. BID-GTZ, Resumen ejecutivo. [http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles\\_en\\_Mexico\\_Estudio\\_Completo.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/169/Biocombustibles_en_Mexico_Estudio_Completo.pdf) (consultado el 3 de diciembre de 2010).
- UNICA. 2010. *Sugarcane Industry Association*. <http://english.unica.com.br/noticias/show.asp?nwsCode={9971E907-4520-4B33-9BD0-3CD4CFECA89B}> (consultado el 10 de julio de 2010).
- Sonnet, Fernando. 2007. "¿Biocombustibles o alimentos? Un análisis desde la teoría económica." *Asociación Argentina de Economía Agraria*. Agosto.
- Teorema Ambiental. 2008. "Sinaloa: construyen la segunda planta de etanol en el estado." Abril (68) <http://www.teorema.com.mx>
- UNCTAD, DITC y TED. 2006. El incipiente mercado de los biocombustibles: Repercusiones en la regulación, el comercio y el desarrollo. Génova Suiza, septiembre de 2006.
- US Department of Energy. 2009. *Internacional Outlook*.
- Westcott, Paul. 2007. "La expansión del etanol en Estados Unidos: ¿Cómo se ajustará el Sector Agrícola?" *Revista Claridades Agropecuarias*, (169).

