

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

BIOCOMBUSTIBLES: EL DEBATE INTERNACIONAL Y EL CASO DE MÉXICO

Jesús Lechuga Montenegro*

Fernando García de la Cruz**

Introducción

La importancia del tema energético a nivel mundial por el aumento del precio del petróleo en el periodo 2007 hasta mediados del 2008 llevó 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 energética más sustentable en el paradigma energético fósil del transporte.

En México, con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos aprobada en 2008, el país se integra a los productores de biocombustibles a partir de las cadenas productivas de la caña de azúcar y maíz, generando así una variante de energía sustentable e impulsar empleo en el sector rural. El tema de la bioenergía es debatida en los aspectos económicos, ambientales y políticos debido al aumento de los costos de producción de combustibles fósiles y el cambio climático. Las evaluaciones más recientes indican que se asiste a un cambio del paradigma energético: de la cultura del petróleo hacia la era de la bioenergía.

El objetivo de este trabajo es analizar la sustentabilidad en México de la producción de biocombustibles, en especial el etanol, en un análisis de costo-beneficio habida cuenta de los efectos negativos en el costo de oportunidad referente a la Seguridad Alimentaria, la limitación de tierras para el cultivo, además de los altos costos sociales y ambientales que conlleva. En la primera parte se analizan las ventajas y desventajas de producir biocombustibles; así como su relevancia en lo económico, político y social, cuestionando al paradigma de energía dominante al transitar de la cultura del petróleo hacia la era de la

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

** Departamento de Economía. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. ferdhyuam@gmail.com

bioenergía. En la segunda parte se analiza el panorama energético mundial y la integración de las fuentes energéticas alternativas a la matriz energética. En la tercera se expone el contexto actual de los principales productores mundiales de bioenergéticos, y se analiza la Plataforma Internacional de Bioenergía a fin de conocer la investigación actual sobre los bioenergéticos. Por último, en la cuarta parte, a partir de la matriz energética primaria se analiza la sustentabilidad de la producción de etanol a partir de la caña de azúcar y / o del maíz, en el marco jurídico de la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos.

1. Biocombustibles. El marco general

A partir del protocolo de Kyoto (1997) se acordó para 39 países reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% dentro del periodo 2008-2012, tomando como base las emisiones del año 1990. Ante ello, se inició la búsqueda de fuentes alternativas de combustible 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 frente a los combustibles fósiles.

Los biocombustibles son tema de debate en lo económico, político y ambiental, debido al aumento de los costos de producción de combustibles fósiles y el alarmante cambio climático. Estos argumentos están en la base del cambio del paradigma energético: de la cultura del petróleo hacia la era de la bioenergía. Actualmente la energía consumida a nivel mundial depende en casi de un 80% del petróleo, carbón y gas natural, productos no renovables, por ello es necesario diversificar las fuentes; sin embargo las posibilidades reales y las limitaciones de la nueva matriz aún no se conocen con exactitud.¹

La biocarburantes más ampliamente difundidos en el transporte son el biodiesel y el etanol, representando este último más del 90% del total de biocombustibles utilizados a nivel mundial.² La promoción de los últimos plantea como solución alternativa al consumo de petróleo; sin embargo, la implementación de un modelo de producción de biocombustibles puede representar una amenaza para la seguridad alimentaria. En efecto, la producción de los cultivos utilizados como materia prima están basados en un modelo intensivo que requeriría de insumos y maquinaria agrícola, que en su conjunto opacan el ahorro de gases de efecto invernadero pues emiten entre 50% y 70% más gases.³

En la actualidad se empiezan a redefinir las bases energéticas de reproducción del capitalismo, pues la centralidad de la crisis incorpora no solo

¹ CEO. "Biocombustibles". Boletín *Hot Topics*. Año 3, No. 5. Argentina, 2007. [www.pwc.com/ar]

² Chauvet, Michelle y González, Rosa Luz. "Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿oportunidades o amenazas?". Revista *El Cotidiano* No.147, enero-febrero de 2008. UAM-Azcapotzalco, México, 2008.

³ Rousseau, Isabelle. Mitos y realidades de los biocombustibles. Foro Consultivo Científico Tecnológico, VI Seminario Regional de Innovación "La política energética de México y los recursos renovables". 16 de noviembre de 2007, Boca del Río, Veracruz. México.

cadena dominante de los agronegocios (Cargill, Monsanto, Bunge, entre otras), sino también empresas petroleras como Petrobrás y Repsol (apoyados por Shell, Exxon Mobil e British Petroleum), e industrias biotecnológicas y automotrices que en conjunto representan un núcleo importante de acumulación para los países líderes en la producción de biocarburantes.⁴

La energía que se requiere para sostener el actual modo de vida es concebida como una mercancía más. Como consecuencia de la lógica del proceso de acumulación que tiende a mercantilizar todos los componentes y materiales de la vida social. En este contexto, la biodiversidad del planeta se encuentra sometida a la misma lógica, y es paradójico constatar una segunda forma de mercantilización en la cual los alimentos serán convertidos en combustibles para así mantener y acrecentar la acumulación en función de los intereses del bloque dominante de países capitalistas.⁵

Promover la producción de los biocombustibles exigiría que los grandes oligopolios y sus aliados en la periferia incurran en un desastre ecológico-social de grandes proporciones.⁶ Hay una competencia por los recursos naturales tierra y agua, y por la asignación de los recursos financieros para producir alimentos y bioenergéticos. Por ejemplo, en la Unión Europea producir el 5.75% de los biocombustibles para combinarlos con la gasolina requeriría del 20% de la superficie dedicada al cultivo de granos.⁷ A nivel mundial hay 5,017 millones de hectáreas agrícolas, de las cuales el 69.5% es utilizada para pastoreo y el 30.5% para cultivo, es decir 0.24 ha/persona.⁸ En tanto que para producir un litro de etanol o biodiesel se requiere una hectárea, es decir, se necesitaría casi cuatro veces la superficie mundial agrícola para poder sustituir el consumo de petróleo y

⁴ Documentos del MST. “Biocombustibles: Tanques llenos a costa de estómagos vacíos”. Revista Teorema Ambiental, marzo de 2007. [<http://www.teoremambiental.com>]

⁵ Atilio Barón. *Biocombustibles: el porvenir de una ilusión*. Programa Latinoamericano de Educación a Distancia (PLED). Centro Cultural de la Cooperación, Buenos Aires, Argentina, 2007.

⁶ Edivan Pinto, Marluce Melo y María Luisa Mendonça. *O mito dos biocombustíveis*. Agencia Brasil de Fato. Comisión Pastoral de la Tierra Regional del Noreste. Marzo de 2007, Brasil.

⁷ La vía campesina. *CPE Release on _Agro-fuels*. La vía campesina: International Peasant Movement, 23 de febrero de 2007. [<http://www.viacampesina.org>]

⁸ FAO. *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. Departamento Económico y Social, 2001. [<http://www.fao.org/docrep>]

gas natural.⁹ Y a medida que la producción de los biocombustibles aumente, se afectará la superficie para cultivar alimentos, lo cual en teoría de juegos resulta en una Suma-Cero.¹⁰ Un ejemplo de ello es lo sucedido en México a principios de 2007, cuando una reorientación de los cultivos de maíz para exportación a Estados Unidos para producción de etanol ocasionó un aumento en el precio del grano, afectando esencialmente a la principal fuente de alimentación de la población.

Considérese también que el crecimiento de la industria del etanol en los Estados Unidos está ocasionando que no sólo los precios del maíz aumenten, sino también el de otras gramíneas que no guardan relación alguna con este producto, además de que se empieza a reducir el área destinada a cultivos para alimento.¹¹

De hecho si no hubiese control en la producción de bioenergéticos, los efectos previsibles serían¹²: escasez de alimentos en los países pobres; intensificación de los monocultivos, provocando la pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas; aumento del precio de los alimentos y reducción del poder adquisitivo de los consumidores de bajos ingresos y el incremento en el precio de las materias primas básicas, pues la gran demanda de tierra reduciría la superficie para otros cultivos. En todo caso la producción de etanol solamente puede reemplazar un pequeño porcentaje del consumo mundial de los combustibles fósiles, y su producción a gran escala tiene el riesgo de disminuir la fertilidad del suelo.¹³

La creciente producción de bioenergía en los últimos años está basado en estudios que muestran que la diversificación de la matriz energética mundial puede contribuir a los objetivos económicos y ambientales que fueron adoptados

⁹ Llana, Miguel Ángel. "Hambre por biocombustibles". Boletín *Entorno*. Año 5, No. 29, abril de 2007. [www.rebellion.org]

¹⁰ 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.

¹¹ Ford Runge y Benjamín Senauer, "El modo en que los biocombustibles pudieran hacer pasar hambre a los pobres".

¹² Sonnet, Fernando. ¿Biocombustibles o alimentos? Un análisis desde la teoría económica. Asociación Argentina de Economía Agraria. Agosto de 2007, Buenos Aires, Argentina.

¹³ Bronstein, Víctor. "La fálacia verde". *Suplemento Económico Cash*. 29 de abril de 2007. Buenos Aires, Argentina.

por diversos países en el año 2000, en los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Tal contribución puede sintetizarse en tres ejes principales que dan relevancia al uso de los biocombustibles: Económico, Geopolítico y Ambiental.

Eje económico.

A nivel mundial el acceso a fuentes energéticas es cada vez más difícil. Los biocombustibles constituyen una posibilidad factible para sustituir parcialmente a los derivados del petróleo frente a otras alternativas que se encuentran en etapas de experimentación como hidrógeno, energía atómica, entre otras.

La superficie total mundial es de 13 mil millones de hectáreas, de las cuales casi el 40% es utilizado por el sector agropecuario; el 11.5% para agricultura y cultivos y cerca del 27% para ganadería.¹⁴ En América Latina, el sector agrícola representa 30% del Producto Bruto Regional y 40% del valor total de las exportaciones. Sin embargo las reformas estructurales han reducido la inversión en el sector a un promedio menor al 5% del gasto público total.¹⁵ América Latina es una de las regiones con mayor potencial para el mercado de los biocombustibles, dadas sus ventajas comparativas, como su clima y el área cultivable. Es aquí en donde los biocombustibles que utilizan como base productos agrícolas pueden proporcionar un desarrollo tecnológico sin precedentes en dicho sector.

La cadena productiva bioenergética no requiere mucha mano de obra personal en forma directa pero las remuneraciones son mayores que el promedio en el sector agrícola. Cada planta en funcionamiento requiere servicios y productos realizados por terceras personas, por lo cual, dentro del área de influencia cabe la posibilidad de generar nuevos empleos indirectos.¹⁶

Cuantitativamente, la empresa de pequeña escala tiende a originar mayores ingresos locales y menores gastos sociales, incubando la centralización de los

¹⁴ Datos de FAOSTAT electronic database. [<http://www.faostat.fao.org>] con acceso el 22 de marzo de 2008.

¹⁵ CEPAL. *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Latina y el Caribe*. México, 2006 [www.energyfuturecoalition.org]

¹⁶ En Estados Unidos en el año de 2003, se generaron doscientos mil empleos indirectos y relacionados, además de generar un empleo directo por cada tres millones de litros por año de capacidad instalada. Departamento de Energía de los Estados Unidos. [<http://www.doe.gov>]

recursos, facilitando la propiedad colectiva. Tal es el caso de Brasil, Francia, Alemania y Estados Unidos que han demostrado que las instalaciones de propiedad local o pequeña, logran producir sustentablemente.¹⁷ Cualitativamente, la tasa de retorno para el gobierno es más alta en las pequeñas escalas de producción, debido a que la demanda de gastos por bienestar social y los efectos económicos son gastados y ganados por los miembros de la comunidad que mejoraron su situación económica. Así también, los beneficios sociales pueden llegar a través de una menor eficiencia de producción.

El impacto de los altos precios del petróleo en el pasado reciente y la demanda creciente de energía en las naciones desarrolladas, arrastra a la búsqueda de energéticos más sustentables a corto, mediano y largo plazo. A corto plazo se observó un panorama de aumento constante de precios de petróleo hasta mediados de 2008 que detonó proyectos energéticos alternativos como el etanol, mientras para el mediano plazo el impulso de los biocombustibles da una perspectiva de aumento en los precios de las materias primas como maíz, trigo y caña de azúcar. Y la política agrícola, incluyendo la disponibilidad de tierra e infraestructura agrícola, subsidios y la tenencia de tierras, determinará la escala y distribución de los beneficios económicos a largo plazo.

Los esfuerzos para reducir los subsidios agrícolas en los países ricos y favorecer así un libre comercio de los productos agrícolas básicos, están hoy vinculados al desarrollo de biocombustibles para uso de transporte que es el segmento de mayor crecimiento del mercado agrícola mundial. El nivel de competitividad dependerá de diversos factores, incluyendo los precios de los combustibles fósiles, el rendimiento y los costos de los cultivos y el ritmo en que se desarrollen las tecnologías de biocombustibles. La bioenergía 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. Aunado a esto, también pueden generar ingresos y empleos en las zonas rurales.¹⁸

¹⁷ Marta Sananes. Formas de propiedad privada o colectiva. [Foroprofesoral] Diciembre 2005.

¹⁸ ONU-Energía. Un enfoque sostenible para la bioenergía. FAO-CEPAL. Abril de 2007.

Con base en el uso de biocombustibles se puede lograr un desarrollo rural sustentable pues la mayoría de los programas de gobierno están enfocados hacia ese sector. Para ello se debe mejorar el uso, la diversidad y el desarrollo tecnológico que crearán las fuentes energéticas necesarias para el transporte. La bioenergía mejora la situación económica del sector rural y los ingresos de los agricultores, pues incorpora un valor agregado mayor a la materia prima antes de ser utilizada para la producción de los biocombustibles. Según Petersan los ingresos generados por la planta productora pueden llegar a tener un índice multiplicador de 1.34 en los ingresos de la economía del área,¹⁹ es así que la producción de nuevas energías permite que los excedentes agrícolas existentes, sobre todo los desperdicios, sean utilizados en la construcción del nuevo paradigma energético.

Ante la actual crisis alimentaria y energética, se pretende elaborar biocombustibles de segunda generación, los cuales no compiten con los alimentos, pues son elaborados a partir de residuos de cosechas, hierbas y árboles de rápido crecimiento.²⁰

Sin embargo, deben considerarse los efectos colaterales no deseados pues el rápido crecimiento de la producción de biocombustibles puede generar una presión sustancial sobre los recursos de tierras y agua en el mundo, cuando la demanda de alimentos y productos forestales está también creciendo aceleradamente. El aumento de la producción de biocombustibles ya ha comenzado a elevar los precios de los productos agrícolas básicos como el maíz y el azúcar.

Eje geopolítico.

El uso de biocombustibles es objeto de una polémica mundial en la agenda política y energética gubernamental, en la cual se contraponen las posiciones de los países líderes y las de las organizaciones ecológicas.

¹⁹ Petersan, Donis N. *The Husker Ag Ethanol Plant at Plainview*. Economic Development Department Nebraska Columbus. Nebraska, U.S.A. October of 2003.

²⁰ Colín, Marvella. "Cultivo de biocombustibles en aumento, de la mano del alza en petroprecios". Periódico *El Financiero*, 18 de agosto de 2008.

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, creando así una nueva geopolítica energética. La nueva geopolítica pretende el control de la energía del futuro desde una perspectiva de la soberanía sobre el recurso energético. Estados Unidos en su Plan de Seguridad Energética propone diversificar sus fuentes, para ello se aumentará el porcentaje de maíz para utilizarlo como materia prima en la producción de etanol, lo que puede desatar conflictos entre países y grupos ecológicos.²¹

El objetivo de Estados Unidos es contar con una fuente de abastecimiento para sus nuevas necesidades energéticas. Y Brasil por su parte pretende ser líder de Sudamérica en cuanto a potencial energético, asegurando un mercado sólido de bioenergéticos y de la cadena productiva relacionada. Ejemplo de la conjunción de intereses es la empresa Brazilian Renewable Energy Company (Brenco) formada por inversionistas estadounidenses y brasileños, con base en Las Bermudas y encabezada por James Wolfenson ex-presidente del Banco Mundial y dirigida por Phillippe Reichstul ex-presidente de Petrobras.²² La nueva geopolítica que se empieza a formar en torno a los biocombustibles tiene como objetivo general sustituir parcialmente al petróleo como fuente principal de energía, y así asegurar el control de los territorios que cambiarán su forma de vida tradicional para incorporarse a los cultivos energéticos.

Otro ejemplo del apoyo al uso de etanol como combustible frente a la gasolina es la Comisión Interamericana del Etanol, surgida por la iniciativa del Banco Interamericano de Desarrollo donde figuran Roberto Rodríguez, ex ministro de Agricultura de Brasil, y Jeb Bush, hermano del entonces presidente de los Estados Unidos.²³

²¹ White House. Veinte en Diez: Reforzar la Seguridad Energética de Estados Unidos, 23 de enero del 2007.

²² CNNMoney.com. *Steve Case backs Brazilian ethanol venture*. New York, USA, 2007.

²³ Sosa Daniel Victor. *Biocombustibles. El boom de los agronegocios*. [Web en línea] Acción Digital. Mayo de 2007.

A nivel latinoamericano el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está financiando varios proyectos relacionados con la promoción de bioenergía, incluyendo un fondo de 120 millones de dólares para la empresa Usina Moema Acucar E Alcool Ltda., en Brasil. Esta operación forma parte de una iniciativa del BID para promover y financiar la estructuración de deuda para cinco proyectos de producción de etanol en Brasil que tendrán un costo total de 997 millones de dólares, inversiones que contribuirán al objetivo de este país para triplicar la producción anual de etanol en el año 2020.²⁴

Además el BID en conjunto con la Comisión Económica para América Latina, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Consejo de Educación Ambiental de las Californias, entre otras organizaciones, pretenden realizar acciones para una óptima integración energética entre países del continente americano, y entre las más destacables se encuentran:²⁵

- A corto y mediano plazo: reducir el consumo de energía eléctrica y de hidrocarburos; mayor eficiencia de la utilización de la energía en el sector transporte; fortalecimiento institucional del sector energético; diversificación de las fuentes de energía y mayor uso de las energías renovables.
- A largo plazo: preparación de una estrategia energética y de un programa regional de conservación de la energía; apoyo al desarrollo de la bioenergía responsable; apoyo a proyectos hidroeléctricos responsables; apoyo a desarrollo de proyectos eólicos y solares; apoyo a proyectos de integración energética regional.

Debido a la complejidad de producción de los biocombustibles, otros sectores trabajan conjuntamente, como en el caso como las empresas petroleras que han optado por adaptarse a las nuevas circunstancias; o bien la industria biotecnológica que ve a la bioenergía como un mercado donde se puedan vender semillas transgénicas y la industria automotriz que se encuentra diseñando nuevos modelos en base al etanol o biodiesel. Sin embargo, el uso de biocombustibles

²⁴ Arnaldo Vieira de Carvalho. Iniciativas del BID para apoyar a programas de biocombustibles. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento de Infraestructura y Ambiente División de Energía. II Seminario Latinoamericano de Biocombustibles. El Salvador, 2007.

²⁵ Ídem.

obliga a combinar una estrategia en donde predomine un enfoque geopolítico de mutuos acuerdos entre oferta y demanda de los combustibles alternos, y al mismo tiempo se deben proponer políticas globales que canalicen las reservas energéticas hacia una política de ahorro responsable.

Eje ambiental.

Los biocombustibles y su utilización como nueva fuente energética ha sido tratada en diversos foros internacionales, como la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible y el Grupo Asesor Científico y Técnico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, para poder establecer un diálogo político mundial sobre la bioenergía y sus 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.

En la décima tercera reunión de este convenio, en febrero de 2008, la Comisión Europea sugirió que la novena Convención sobre Diversidad Biológica desarrolle directrices para minimizar los impactos negativos potenciales de la producción y el consumo de biocombustibles. En el año 2009, la perspectiva Mundial sobre la diversidad biológica proporcionará una base para el debate de un futuro plan estratégico y las metas pertinentes para la diversidad biológica y analizar el impacto de los combustibles en ésta. Como se sabe, el uso actual de los combustibles fósiles acumula bióxido de carbono en la atmósfera y tienen un alto porcentaje de emisión de gases de invernadero. Hoy día los sistemas de biocombustibles, debido al bajo contenido de carbón y en casos específicos nulas emisiones de carbón, pueden contribuir a atenuar el cambio climático. Sin embargo, las evaluaciones indican que a menudo la utilización del suelo para plantaciones energéticas aumenta dicho elemento y puede llegar a tener un impacto significativo en la biodiversidad de la región. Por ello, los biocombustibles desde su producción y hasta su consumo siguen siendo objeto de debate.

Los argumentos positivos sin mayor significación expresan que la utilización de biocombustibles ayudaría a disminuir la emisión de gases de invernadero y de otros daños ambientales relacionados con la utilización de petróleo como los derrames en el mar, más aún la explotación de subproductos de desperdicio y la creación de plantaciones para obtener bioenergía (cultivos energéticos) pueden combatir los problemas ambientales, debido a que proporcionan una cubierta del suelo más constante reduciendo el acarreo de sedimentos y las repercusiones de la lluvia, por lo cual previenen la erosión del suelo.²⁶ La importancia de la energía renovable para poder reducir la contaminación atmosférica se encuentra en aumento y cada país ha logrado un creciente número de programas gubernamentales, asociaciones y otro tipo de iniciativas para fomentar dicha energía; de hecho en la reunión del Consejo de la Unión Europea en marzo de 2007, se acordó un aumento del 20% de consumo de bioenergéticos como meta para el año 2020.²⁷ En los Estados Unidos se prevé que el 30% de su consumo actual de petróleo será sustituido por biocombustibles en 2030.²⁸

En la misma línea positiva se argumenta que cuando se agrega etanol a las naftas, y debido a que dicho biocarburante contiene 35% de oxígeno, la potencia de dichos aditivos tóxicos se diluye reduciendo también los humos y Compuestos Orgánicos Volátiles que se arrojan al aire. Los vehículos que utilizan las mezclas de gasolina con etanol en un 10% reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en 4%, y utilizando 85% de etanol en mezcla con gasolina se puede llegar a reducir hasta 46%; además también se reduce la emisión de monóxido de carbono en 30% y en 27% las emisiones de dióxido de carbono, aunque este último también es liberado en el proceso productivo del etanol²⁹.

Un mayor uso de bioenergía podría contribuir a una mayor diversidad y estabilidad en las zonas rurales, principalmente aquellas zonas en donde se tenga

²⁶

²⁷ European Commission. 2007. *Ambitious target agreed to reduce global warming*. European Commission. [<http://ec.europa.eu>].

²⁸ Perlack, R.D., Ranney, J. W. And Wright, L. *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. 1992. [<http://www.ornl.gov>].

²⁹ Dr. Graboski Michael S. *Los límites de la biomasa como energía*. Public Policy, National Corn Growers Association. Colorado School of Mines. USA, 2002.

un mayor potencial para producir la materia prima requerida. De hecho, la producción de biocombustibles puede crear empleos directos y multiplicarlos con un costo menor de inversión. Al cosechar los cultivos energéticos se permitirá diversificar y ampliar la rotación de cultivos, sustituyendo los sistemas de monocultivos. También se puede mencionar una nueva utilización de tierras deforestadas, degradadas y marginales para producir plantaciones de bioenergía, ayudando así a reducir la desertificación del suelo.

Para poder obtener beneficios positivos en cuestiones ambientales, los biocombustibles actualmente se encuentran orientados hacia la rentabilidad de las ventajas en términos de gases de efecto invernadero en relación con los gastos efectuados; evitar daños medioambientales y garantizar que la utilización de éstos no incremente los problemas de calentamiento global. El Fondo Mundial para la Naturaleza también ha propuesto la certificación y el etiquetado de los biocombustibles con el fin de fomentar la producción y el consumo de biocarburantes que sean respetuosos del medio ambiente, enfocándose por los ecosistemas y la evaluación del impacto ambiental incluyendo la diversidad biológica, con el fin de planificar y poner en práctica los programas de producción de bioenergéticos.³⁰

En contraste con lo anterior, según la *U.S. Environmental Protection Agency*, las naftas son las principales fuentes carcinógenas artificiales, pues sus elementos son una mezcla de químicos y de muchos tóxicos como el benceno y el tolueno.

Y debe tomarse en cuenta que, por ejemplo, para reemplazar la totalidad de la oferta de gasolina en Estados Unidos haría falta 70% del suelo cultivable disponible.³¹ En la Unión Europea haría falta 13% del suelo agrícola para alcanzar la cuota de 5.75% del consumo energético de Europa³².

Finalmente los efectos positivos para el medio ambiente son limitados pues la tasa de sustitución frente a la gasolina es baja; y el ahorro en la emisión de

³⁰ Denruyter, J. Earley, J. *Bioenergía Sustentable*. Conferencia sobre sustentabilidad crítica para bioenergéticos. FAO and the German NGO Forum. Germany. Octubre de 2006.

³¹ Moreira, N. "Especulaciones cultivables - La nueva tecnología para combustibles y la cosecha tradicional". Revista *Science News* No. 168. 2005.

³² European Commission. 2006. *An EU Strategy for Biofuels: Impact assessment*. Commission of the European Community: Brussels, Belgian. [<http://ec.europa.eu>].

gases de efecto invernadero es sumamente criticado pues observando el ciclo completo del proceso de producción del etanol, se tiene un alto grado de consumo energético en la producción agrícola sin mencionar el consumo de agua.

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 relativa a la seguridad alimentaria. La seguridad energética y el creciente incremento de precios del petróleo registrado en 2007 y hasta el primer semestre de 2008, ha llevado a intensificar la exploración de fuentes alternativas energéticas y al mismo tiempo la comunidad internacional trata de mejorar el acceso de la población rural pobre a los servicios energéticos, pues se estima que cerca de 2,500 millones de personas dependen de formas tradicionales de energía y casi 1,600 millones de personas en todo el mundo carecen de electricidad.³³

El aumento de la producción de biocombustibles puede dar lugar a nuevas demandas de recursos naturales de graves consecuencias ambientales y sociales. Para analizar las implicaciones en la seguridad alimentaria es necesario considerar la biomasa tradicional, las tecnologías modernas a base de biomasa y los biocombustibles líquidos. El aumento de la demanda de biocombustibles puede resultar, de una parte, en: un aumento de precios de los cultivos energéticos y cultivos tradicionales, y de otra en una reducción del precio de los subproductos o de los granos destilados.

La biomasa tradicional proporciona cerca del 90% de la energía doméstica y es una fuente de energía neutral en cuanto a lo que se refiere a las emisiones de dióxido de carbono, pero debe recolectarse y consumirse de manera eficiente.³⁴ Los países industrializados se encuentran expandiendo los sistemas modernos a base de biomasa, incluso empieza a surgir un mercado internacional para proporcionar materias primas.

³³ Modi, V., McDade, S., Lallement, D. y Saghir J. *Servicios energéticos en pro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Proyecto del milenio de las Naciones Unidas y Banco Mundial. 2006.

³⁴ Agencia Internacional de Energía y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. *Perspectivas Energéticas mundiales*. World Energy Outlook. París, Francia. 2006.

Los biocombustibles líquidos son los de más rápido crecimiento energético dada su producción a base de cultivos agrícolas, y ello tiene repercusiones directas en la seguridad alimentaria debido al incremento de los precios que se puede dar en los productos básicos. La producción de biocombustibles para el año 2030 puede alcanzar la cantidad de 147 millones de toneladas de petróleo, es decir el 7% de la demanda energética para transporte.³⁵

En mayo de 2007, el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial de la FAO presentó la *Evaluación de la situación de la seguridad alimentaria mundial*,³⁶ donde se analizan cuatro aspectos del impacto de los bioenergéticos frente a la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, estabilidad y utilización.

La disponibilidad. Es necesario crear políticas que ayuden a marcar las zonas utilizables para producir energéticos y zonas para producir alimentos pues el problema a futuro es la disponibilidad de alimentos, debido a que se utiliza en algunos países el mismo cultivo para ambos casos (México). Hoy día se utilizan alrededor de 14 millones de hectáreas para producir biocombustible líquido equivalente al 1% 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 producción de bioenergía. Para el año 2050 se pretende cubrir 25% de la demanda energética mundial con biocombustibles, con lo cual se necesitaría casi 20% de la tierra cultivable del mundo.³⁷ Surgiría también competencia entre los cultivos energéticos y los alimentarios en función de las tecnologías utilizadas en la bioenergía y las necesidades alimentarias.

Acceso. Este aspecto se refiere a la capacidad de la población para producir o comprar alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades básicas. Si la producción de bioenergéticos provoca aumentos en los precios de los cultivos, el

³⁵ Agencia Internacional de Energía y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Ídem.

³⁶ Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. *Evaluación de la Situación de la Seguridad Alimentaria Mundial*. CEPAL – FAO. CFS:2007/2. febrero de 2007. [<http://www.fao.org>]

³⁷ Agencia Internacional de Energía y organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2006. op. cit.

acceso a los alimentos por parte de la población con bajos ingresos sería afectado, mas de otra parte un precio elevado de los productos básicos aumentaría los ingresos de los productores. El ejemplo usual es el aumento de los precios del maíz a inicios del año 2007, debido a la combinación de la sequía en los Estados Unidos y al aumento de la demanda de dicho grano para producir etanol. Este aumento ocasionó a su vez que los productores ganaderos buscaran alternativas de forrajes y ello presionó al alza los precios de otros granos.³⁸

Estabilidad. Se refiere a la dimensión temporal de la seguridad alimentaria. La creciente inestabilidad de los precios del petróleo y de los granos básicos altera la estabilidad de la seguridad alimentaria. Un mayor uso de los bioenergéticos puede provocar un incremento de la inestabilidad de los precios de los alimentos. Los sistemas bioenergéticos basados en cultivos bajo intensa producción pueden no ser redituables y conducir a un aumento de los riesgos ambientales y, por ende, de la seguridad alimentaria.

Utilización. Se refiere a la capacidad de las personas para absorber los nutrientes contenidos en los alimentos y se encuentra relacionado con factores tales como la salud. Los biocombustibles podrían afectar a la utilización pero de manera menos directa que en los casos anteriores. El mayor problema en este aspecto es la utilización de agua tanto para la producción de materia prima como para la producción de bioenergéticos, lo cual podría disminuir la disponibilidad de este recurso para usos domésticos y amenazar la salud de la población.³⁹ Por otra parte, si la nueva tecnología reemplaza a los combustibles más contaminantes se tendrían repercusiones positivas en la salud.

³⁸ FAO. *Perspectivas Alimentarias*. diciembre de 2006. [<http://www.fao.org>]

³⁹ La alta demanda de agua que se requiere para producir biocombustibles, hace que sea un tema importante, debido a que el exceso de humedad reduce el contenido de oxígeno en el suelo, disminuyendo la respiración de las raíces y favoreciendo la formación de sustancias tóxicas, con lo cual puede ocasionar una reducción en los niveles de producción. Molina Durán, Enrique. *Estudio Sobre el Manejo Convencional y Agroecológico del Cultivo de la Caña de Azúcar*. Colombia. [<http://cipav.org.co>]

El dilema desarrollista-ambientalista.

El rápido desarrollo de la bioenergía presenta un amplio rango de oportunidades, pero también acarrea desventajas y riesgos. La experiencia en cuanto a sus impactos sociales, económicos y ambientales es limitada. El aspecto favorable que tienen con respecto a la materia prima utilizada son las cantidades de especies y variedades de plantas que pueden lograr rendimientos crecientes y servir de base para la obtención de dicho combustible; ejemplos de esto son la soja, girasol, cáñola y el cacahuete, caña de azúcar, maíz y sorgo comunes en América.

Según Wilson Cardona, las ventajas más importantes de los biocombustibles son⁴⁰: no incrementan los niveles de CO₂ en la atmósfera, con lo que se reduce el peligro del efecto invernadero; proporcionan una fuente de energía reciclable y, por lo tanto, inagotable; revitalizan las economías rurales y generan empleo al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola; se mejora el aprovechamiento de tierras con poco valor agrícola y que en ocasiones se abandonan por la escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales; se mejora la competitividad al no importar fuentes de energía tradicionales y actúan como lubricante de los motores prolongando su vida útil.

Así también las principales desventajas son: el costo de producción de los biocombustibles no es competitivo frente a la gasolina o gasóleo sin subvenciones; se necesitan grandes espacios de cultivo; el uso excesivo de pesticidas y herbicidas; su producción con respecto a la gasolina o al gasóleo tiene una mayor emisión de dióxido de carbono; el combustible precisa de una transformación previa compleja. El uso de sistemas de bajos insumos y la alta diversidad en los suelos degradados, puede dar lugar a emisiones negativas de carbono debido al carbono asociado al aumento de los niveles de la materia orgánica en el suelo. Las evaluaciones sobre los biocarburantes indican que a menudo la utilización del suelo para plantaciones energéticas aumenta dicho elemento y puede llegar a tener un impacto significativo en la biodiversidad.

⁴⁰ Cardona Villada, Wilson. *Biocombustibles: ¿fuentes agotables o inagotables de energía?*. Universidad de Andrés Bello. Viña del Mar, Chile. Abril de 2006

La producción y consumo de biocombustibles puede contribuir a la conservación de la diversidad biológica, sin embargo el potencial de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero sigue sin conocerse con certeza. La cantidad de suelo que se puede utilizar para generar bioenergéticos es limitada, pues la mayor parte del suelo agropecuario se utiliza con fines agrícolas, para asentamientos humanos o ha sido declarada zona de protección forestal. Por lo tanto, se puede dar el caso de que las plantaciones energéticas compitan con los usos agrícolas y reduzcan los espacios y alimento indispensable. Por ejemplo, como se mencionó, para reemplazar la totalidad de la oferta de gasolina en Estados Unidos se necesitaría el 70% del suelo cultivable disponible⁴¹.

La producción de etanol y otros biocombustibles consume poca agua pero las pérdidas son mayores en la producción de los cultivos energéticos. Por tanto, la contaminación del agua que causa la materia prima utilizada en los biocombustibles y la pérdida de los recursos hídricos pueden ser serias si no se precisa la utilización de las tecnologías de procesamiento, pues el agua debe de tratarse de forma adecuada antes de reciclarla al medio ambiente.

La consecuencia directa de la expansión agrícola con fines bioenergéticos sería pérdida de biodiversidad debido a la destrucción del hábitat. Algunas organizaciones ya han planteado el problema de la deforestación y la destrucción de los ecosistemas.⁴² 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 2006,⁴³ se exploró un escenario en donde la bioenergía conseguiría un ahorro de energía del 23% de la oferta mundial para el año 2050. Sin embargo, las metas positivas obtenidas al mitigar el cambio climático y reducir la utilización de combustibles fósiles no compensaría la pérdida negativa del 2%

⁴¹ European Commission. 2006. *An EU Strategy for Biofuels: Impact assessment*. Commission of the European Community: Brussels, Belgian. [<http://ec.europa.eu>].

⁴² Convenio sobre la diversidad biológica. *Problemáticas nuevas e incipientes en relación con la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica*. Abril, 2007. [<http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-12/official/sbstta-12-09-es.doc>]

⁴³ MNP and GLOBIO Consortium. *La vida del planeta tierra y su cruce de caminos - Explorando las metas para el 2010 sobre biodiversidad*. UNEP-WCMC and UNEP/GRID-Arendal. 2006. [<http://www.biodiv.org>].

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.

2. Panorama Energético Mundial

Consumo energético

El constante aumento de la demanda energética mundial debido al crecimiento de China e India, y la disminución en la capacidad de reserva petrolera de más de 10 millones a unos 2.3 millones de barriles diarios entre otros factores, ha provocado que el mercado petrolero haya tenido altibajos constantes y se espera un panorama difícil para cubrir la demanda mundial de energía.⁴⁴ Esto se sustenta en un crecimiento del 3.6% del consumo total de energía en el ciclo 2008-2009, y se prevé una tasa anual de crecimiento de 3.4% hasta 2012.⁴⁵

Debido al crecimiento de la demanda de combustible para transporte en los últimos años, el Instituto Estadounidense del Petróleo prevé que la demanda de energía se incremente 57% acumulado hasta 2012 y también se pronostica un aumento de 55% para la electricidad.⁴⁶ Aunque la parte de la demanda no pueda explicar la duplicación de precios del petróleo hasta mediados del año 2008, y tampoco el fuerte impacto sobre otros precios energéticos, el dólar a la baja y la especulación forman parte del problema. Por una parte, la situación del dólar influye en los precios de petróleo, pues éstos aumentan más en términos de dólares que de euros.

En cuanto al carbón, su uso como energía seguirá incrementándose debido a su bajo precio y abundancia, sobre todo en China y EU.⁴⁷ El Economist Intelligence Unit estima que el crecimiento de la demanda global de carbón

⁴⁴ Anaya, Jorge. *Panorama Energético Mundial*. Economist Intelligence Unit. 6 de mayo de 2008. [<http://www.elperiodicodemexico.com>]

⁴⁵ Ídem

⁴⁶ Ídem.

⁴⁷ Por ejemplo, el carbón de coquefacción para fabricación de acero se triplicó en Australia a 300 dólares por tonelada, mientras el carbón termal que utilizan las centrales eléctricas, proveniente de la terminal de exportación de Newcastle, en Australia, estaba a punto de alcanzar el precio récord de 130 por tonelada a mediados de abril. Periódico *La Jornada*, 6 de mayo de 2008.

aumente más de 35% en 2012,⁴⁸ siendo China el país con mayor producción y consumo de carbón del mundo. Para el año 2012 en cuanto al consumo de petróleo y carbón se espera un incremento a nivel mundial del 7% y 21% respectivamente, éste último con un incremento más elevado debido a su bajo precio frente a otros combustibles. La región más consumidora de petróleo para el año 2012 será Asia y Australasia con el 29.4%, seguida de Norteamérica con el 26.7%; mientras que para América Latina se espera un consumo de 8.1% del total. En cuanto a carbón la región que más consumirá este bien es de nueva cuenta Asia y Australasia con cerca del 66% de consumo total, seguida de Norteamérica con el 13%; mientras América Latina consumirá menos del uno por ciento (Cuadros 1, 2).

Cuadro 1
Consumo de petróleo (2003-2012)
Barriles diarios

Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	22,241	23,031	23,099	22,825	22,698	22,626	22,419	22,268	22,222	22,222
Japón	5,416	5,291	5,305	5,159	5,193	5,190	5,126	5,105	5,113	5,139
Europa Occidental	13,864	13,840	13,920	13,908	14,009	14,071	13,955	13,922	13,945	14,041
Economías en transición	4,171	4,285	4,358	4,553	4,658	4,821	4,956	5,060	5,195	5,356
Asia y Australasia (excepto Japón)	16,384	17,740	18,156	18,639	19,665	20,712	21,522	22,422	23,416	24,491
Medio Oriente y África	3,366	3,511	3,688	3,802	4,001	4,234	4,433	4,584	4,938	5,210
América Latina	5,043	5,236	5,340	5,315	5,556	5,804	5,980	6,218	6,492	6,792
Mundo*	70,466	72,933	73,846	74,201	75,782	77,458	78,391	79,679	81,321	83,251

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

⁴⁸ Anaya, Jorge. Op.cit.

Cuadro 2
Consumo de carbón (2003-2012)
Millones de toneladas

Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	1057	1058	1077	1066	1067	1074	1089	1100	1114	1127
Japón	168	184	178	179	183	187	192	197	201	204
Europa Occidental	537	541	529	531	533	532	534	534	534	537
Economías en transición	600	577	582	594	614	635	660	686	710	735
Asia y Australasia (excepto Japón)	2453	2767	3036	3299	3525	3969	4364	4736	5115	5519
Medio Oriente y África	182	194	190	190	200	211	229	250	266	284
América Latina	46	46	51	51	54	57	61	65	68	72
Mundo*	5044	5370	5642	5912	6278	6668	7130	7569	8011	8481

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

El consumo total de energía para 2012 se espera crezca un 2.6% con respecto a 2008 medido como equivalente a millones de toneladas de petróleo, siendo este energético el más consumido a nivel mundial con 83.3 millones de barriles diarios seguido del carbón con 8,481 millones de toneladas métricas, mientras el consumo de gas natural se estima en 3,054 miles de millones de metros cúbicos (Cuadro 3).

Cuadro 3
Industria Mundial de Energía (2003-2012)

Consumo	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
de energía										
Equivalente a Kgs de petróleo por persona	1894	1957	1991	2042	2096	2150	2207	2263	2318	2376
total de energía										
Equivalente a millones de toneladas de petróleo	9111	9508	9766	10115	10475	10850	11237	11621	12011	12423
de electricidad										
kwh por persona	2831	2932	3029	3149	3276	3401	3510	3634	3765	3904
total de electricidad										
Billones de kwh	13.6	14.2	14.9	15.6	16.4	17.2	17.9	18.7	19.5	20.4
de carbón										
Millones de toneladas métricas	5045	5370	5643	5912	6278	6668	7131	7570	8011	8481
de gas natural										
Miles de millones de metros cúbicos	2328	2423	2467	2495	2575	2665	2756	2850	2949	3054
de petróleo										
Millones de barriles diarios	70.5	72.9	73.8	74.2	75.8	77.5	78.4	79.7	81.3	83.3

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

La región de Asia y Australasia será la que más consuma energía a nivel mundial para 2012 con 4,412 millones de toneladas de petróleo equivalente, América Latina consumiría 586, mientras Europa occidental 1,763 (Cuadro 4).

Cuadro 4
Consumo de Energía
Millones de toneladas de petróleo equivalente

Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	2633	2690	2705	2718	2730	2746	2764	2784	2805	2827
Japón	514	530	527	536	543	550	556	563	569	575
Europa Occidental	1639	1645	1641	1656	1677	1694	1709	1727	1743	1763
Economías en transición	1077	1102	1112	1150	1194	1242	1291	1339	1389	1441
Asia y Australasia (excepto Japón)	2377	2629	2830	3052	3273	3499	3732	3952	4176	4412
Medio Oriente y África	528	548	574	604	637	669	704	741	779	820
América Latina	343	365	378	400	422	450	481	516	550	586
Mundo*	9111	9508	9766	10115	10475	10850	11237	11621	12011	12423

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

Las previsiones de la AIE son que la demanda mundial de energía primaria va a crecer a un ritmo de 1,6% anual pasando de 11.730 millones de toneladas equivalente de petróleo a 17.010 millones, es decir un aumento del 45% para el año 2030. Este incremento es menor al 55% anunciado el año pasado por la misma entidad debido al aumento de los precios de la energía y la reducción del crecimiento esperado de la economía mundial. En el mismo sentido, la demanda esperada de petróleo es de 10 millones de barriles diarios menos que la prevista el año pasado. Ahora se espera un consumo diario de 106 millones de barriles en el año 2030.⁴⁹

Finalmente, el número de personas que no tienen acceso a la energía comercial equivale a 2 mil millones de personas y el costo de proporcionárselas es de setenta centavos de dólar por kilovatio / hora.⁵⁰ Por ello, la nueva década

⁴⁹ [<http://www.diarioambiental.com/?p=62>]

⁵⁰ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Presentación de la Plataforma Internacional de Energía*. FAO, julio de 2006. [<http://www.fao.org>]

tendrá un cambio significativo a través de la bioenergía en sus dos principales formas: dendroenergía y agroenergía.

Biocombustibles

Los biocombustibles líquidos utilizados para transporte en la última década han adquirido gran importancia, además de diversificar las fuentes de energía fortaleciendo de cierta manera la seguridad energética de cada país que los utiliza. Se argumenta que la introducción de cultivos energéticos permitirá ampliar la rotación y sustituir los sistemas de monocultivos menos favorables, además de reducir el acarreo de sedimentos y prevenir la erosión del suelo. Los sistemas utilizados para producir biocombustibles son complejos y específicos de cada lugar, por lo cual es necesario desarrollar una infraestructura o un organismo que ayude a resolver el desafío de los nuevos enfoques, estrategias nacionales, inseguridad alimentaria integrados a la producción de bioenergía.

Pese a que existe un comercio mundial de biocombustibles y que éste crece en forma constante, uno de los puntos fundamentales de la UN-ENERGY es reducir la diferencia de conocimiento, tecnología y habilidad que hay entre los países productores y no productores de biocombustibles⁵¹. Además de minimizar los riesgos de promocionar la bioenergía a gran escala por medio de enfoques equilibrados y negociados, así como la creación de redes locales, regionales y nacionales bajo una norma o ley que rija su producción.

Con el objeto de conocer más a fondo los procesos y las investigaciones que se llevan a cabo a nivel mundial sobre los biocombustibles, en julio de 2006 la ONU propuso crear una Plataforma Internacional de Energía a fin de generar un avance coordinado mundialmente para desarrollar de forma sustentable los biocombustibles en los diversos países que deseen adquirir esta nueva fuente energética.

⁵¹ Es un mecanismo interinstitucional que promueve un enfoque común entre los países de la ONU, en el ámbito de la energía. Fue creado en 2002 y su propósito principal es crear un enfoque coherente hacia un sistema energético sostenible, especialmente en los países en desarrollo, para poder cumplir con los Objetivos de Desarrollo del Milenio. [<http://esa.un.org>]

Una de las grandes ventajas de la Plataforma Internacional es su neutralidad, pues además de mencionar las ventajas de utilizar los biocombustibles cotidianamente, no deja de lado los riesgos que se pueden ocasionar por la producción a gran escala. Por tanto es objetivo principal el asegurar el suministro de fuentes sostenibles, equitativas y asequibles de biocombustibles, sin distinción de cultura o lugar, apoyando en todo momento al desarrollo sostenible, la seguridad energética, reducción de la pobreza mundial y minimizar el cambio climático. Para ello se propone analizar la información disponible de las políticas y toma de decisiones de cada país, así como crear y, en su caso, fortalecer la capacidad institucional en todos los niveles para poder facilitar las oportunidades de intercambio mediante la planificación y desarrollo de los mercados y sistemas que incrementen el acceso a servicios de energía a través de la bioenergía sostenible, principalmente para los grupos, zonas o comunidades más vulnerables y pobres. La duración será de seis años, divididos en tres fases, bajo un presupuesto para los primeros dos años de 8.9 millones de dólares y como mecanismo de prestación se formará una Secretaría que funcione como foro y coordinación para las políticas relacionadas con la bioenergía tanto local como internacional.

La nueva matriz energética que se pretende desarrollar al introducir biocombustibles brinda a los países en desarrollo oportunidades de acceder a nuevos mercados y reducir la pobreza.

Los biocombustibles ofrecen una estrategia de diversificación energética con bajos costos de producción y con amplios incentivos para su producción debido al desarrollo limpio discutido en el Protocolo de Kyoto. El entorno comercial internacional, donde predominan los altos aranceles, las barreras técnicas – comerciales y las subvenciones internas, pueden obstaculizar los avances en el desarrollo de los bioenergéticos.

La demanda mundial energética en combinación con el incremento demográfico mundial de 2.5% hasta 2050 y con una tasa de crecimiento anual de la economía mundial de 3.5%, ocasionarán un aumento sustancial al pasar de 9,000 millones de toneladas en el año 2000 a 15,000 millones para el 2020; y con

la producción actual de combustibles fósiles, solo se podrá cubrir el 50% de la misma.⁵² La demanda de petróleo se incrementará 37.2% con un crecimiento de 106 millones de barriles diarios para el año 2030, siendo el consumo de 53 millones de barriles al día. Para los países subdesarrollados el crecimiento de la demanda se duplicaría, alcanzando para el año 2030 cincuenta y ocho millones de barriles al día. Sin embargo, el consumo será cinco veces inferior a la demanda de los países de la OCDE.⁵³

En 2007, la OPEP analizó la oferta y demanda de energía, destacando la importancia que la bioenergía empieza a tener a nivel mundial. 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. El aumento internacional de los bioenergéticos obedece principalmente al rápido incremento de la demanda de energía en el mundo impulsada por una mejora de vida. El etanol tendrá una producción cercana a los 101 000 millones de litros para el 2010 y es el principal biocombustible producido en Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea.⁵⁴

Según la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles, el biodiesel tiene un potencial de producción actual de 176 millones de litros anuales, produciéndose cerca de 70 mil litros en Brasil.

La producción mundial de biocombustibles, según 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 el mayor productor de biocombustibles 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.

Según la OPEP, la oferta de biocombustibles se dará por las políticas de estímulo al sector, principalmente por los grandes países consumidores de

⁵² Kröger, Álvaro. “Informe sobre el desarrollo del mercado de biocombustibles en la Unión Europea”. Artículo publicado en *Biocombustibles.es* [<http://www.biocombustibles.es>]

⁵³ World Oil Outlook 2007. Organización de Países Exportadores de Petróleo. [<http://www.opec.org>]

⁵⁴ *El Heraldo*. “Producción mundial de etanol crecerá casi 200%”. Periódico, 9 de julio de 2008. [<http://www.elheraldo.hn/Econom%C3%ADa/Ediciones/2008/11/19/Noticias/Produccion-mundial-de-etanol-crecera-casi-200>]

energía. La oferta de biocombustibles podría alcanzar los 5 millones de barriles diarios para el año 2030, implicando una reducción de la demanda del petróleo.

La inexistencia de un mercado internacional de biocombustibles ocasiona que el comercio mundial sea inviable tanto en la compra como en la oferta en la situación actual; de la misma manera los biocombustibles son producidos durante algunos meses, sin embargo la demanda ocurre todo el año. De esta manera las reservas son fundamentales para el periodo entre una y otra producción. Y debido a su consumo y al hecho de no tener un producto sustituto adecuado, los biocombustibles serán estratégicos para el mercado de combustibles en un futuro. De hecho se preveía que en 2008 el etanol representará 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. La producción mundial del biocombustible etanol crecerá 191%, de 55.700 millones de litros fabricados en 2007 a 162.000 millones en 2015, según un estudio presentado durante una Conferencia Internacional de Biocombustibles en Sao Paulo.

En Estados Unidos el aumento de la producción de etanol ha causado controversia debido al impacto negativo que ha tenido sobre los precios de los alimentos, lo cual mantiene a la producción de bioenergéticos bajo incertidumbre pues desviar las cosechas de granos para producir combustible puede elevar aún más el precio mundial de los alimentos.

La industria europea de biocombustibles ha registrado un incremento superior a 50% en el precio de los alimentos en tres años, desde que se construyó la mayor parte de la capacidad de refinación.

Matriz energética mundial y biocombustibles

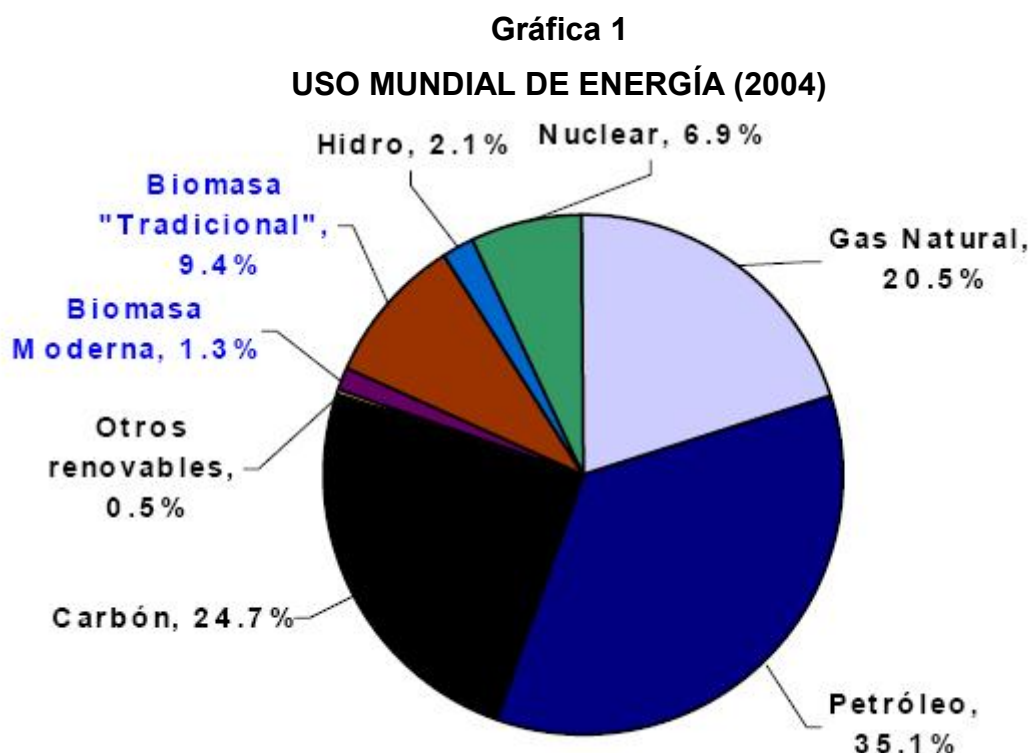
El petróleo representa el 34% del combustible total utilizado en el mundo, el carbón cerca de 28% y el gas natural el 25% de la demanda total mundial de combustible.⁵⁵ Este panorama es consecuencia inmediata del aumento constante

⁵⁵ Área Minera. “Carbón triplicará su participación en matriz energética”. Revista *Área minera*. Santiago de Chile, Chile. 16 de junio de 2008. [<http://www.aminera.cl>]

de la demanda energética; los altos precios del petróleo y gas desde 2006 hasta mediados de 2008 y la falta de consensos y estructura adecuadas para impulsar la energía nuclear como opción de combustible.

El mercado mundial de etanol supera las 25 millones de toneladas anuales, bajo la coyuntura actual del mercado mundial de combustibles líquidos, 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.

Según *la International Energy Agency*, la matriz energética se compone de la siguiente forma⁵⁶:



⁵⁶ Es poco probable que haya habido cambios drásticos en esta matriz energética, por lo cual se considera válida para el momento actual. Fuente: International Energy Agency, 2006.

Fuente: International Energy Agency, 2006.

Como se puede observar la biomasa tiene el 11% de la demanda total mundial, pero sólo el 1.3% corresponde a los bioenergéticos modernos, manteniéndose el petróleo como fuente principal de energía. Es así como los biocombustibles se posicionan como una oportunidad significativa para diversificar la matriz energética mundial e incrementar la seguridad 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. Éstos son indicios de un cambio en la matriz energética, incorporando nuevas fuentes y empleando mejor las ya conocidas; sin embargo América Latina necesita de cooperación tecnológica y asesoría técnica para incentivar los cambios en los hábitos de consumo de energía y concretar el cambio de la matriz energética hacia el uso de energías renovables.

Cabe subrayar una vez más que la tendencia a una mayor producción de bioenergéticos a nivel mundial seguirá presionando a los precios de los granos en los mercados mundiales, si los precios del petróleo se sitúan por arriba de los 100 dólares por barril y los precios de las materias primas a utilizar no se incrementan considerablemente, los biocombustibles pueden ser competitivos respecto al consumo de derivados de combustible fósil. El mundo ya empieza a renunciar al mundo del petróleo y dentro de 15 o 20 años el biocombustible podría cubrir la cuarta parte de la demanda global de energía.⁵⁷

⁵⁷ ONU-Energía. Bionergía Sostenible: Un marco para la toma de decisiones. FAO-Naciones Unidas. Abril 2007.

3. Producción de biocombustibles

Países Productores

La Bioenergía es una oportunidad para agregar un suministro energético al mundo a fin de satisfacer la creciente demanda y mitigar el efecto negativo de los gases atmosféricos. Para los países en desarrollo es una oportunidad para hacerlo de modo que puedan proporcionar ingresos y trabajo a sus sectores productivos. El mundo ya empieza a renunciar al consumo del petróleo y dentro de 15 o 20 años el biocombustible podría cubrir la cuarta parte de la demanda global de energía.⁵⁸

Brasil y Estados Unidos son los países más avanzados en investigación, producción y utilización de bioenergía a nivel mundial. El 75% de la producción total de etanol le corresponde al continente americano, correspondiéndole a Brasil el 38% y a Estados Unidos 24%; a Asia le corresponde 20%, Europa tiene 13.3% y África con 1.7%.⁵⁹

Brasil. En la actualidad la mezcla de etanol-gasolina utilizada es la E22, pero con frecuencia el gobierno modifica las mezclas establecidas para evitar almacenamiento de stocks de alcohol y apoyar las necesidades de la industria azucarera. Brasil tiene el costo de producción más bajo del mundo un litro de etanol es de veinte centavos de euro, compitiendo fuertemente con el precio de la gasolina.⁶⁰ En el año de 2006 se produjeron 17 mil millones de litros de etanol⁶¹ y para el ciclo 2007-2008 ascendió a 23 mil millones de litros, esperándose un incremento de 20% para la temporada 2008-2009.⁶² De esta manera surge la oportunidad de posicionar al país en un nivel mejor tanto en cuestiones políticas como económicas, impulsando el desarrollo. Siendo el objetivo principal promover

⁵⁸ ONU-Energía. *Bionergía Sostenible: Un marco para la toma de decisiones*. FAO – Naciones Unidas. Abril de 2007.

⁵⁹ Berg, Christoph. *Informe sobre producción anual de etanol*. World Fuel Analysis and Outlook. Kent, United Kingdom, 2004.

⁶⁰ Dieter Holm, Arch *Un futuro para el mundo en desarrollo basada en las fuentes renovables de energía*. ISES. 2005.

⁶¹ *El financiero en línea*. Lunes 26 de noviembre de 2007.

⁶² Collín, Marvella. “Cultivo de biocombustibles en aumento, de la mano del alza en petroprecios”. Periódico *El Financiero*, 18 de agosto de 2008.

la agricultura de los pequeños campesinos en las regiones del norte y noreste del país, esperando incidir en la disminución de la pobreza.

Actualmente Brasil está estableciendo zonas agrícolas específicas para cultivos para uso de biocombustibles, teniendo un mapa de la biodiversidad y prohibiendo el cultivo de caña de azúcar en la zona Amazónica (comprometiéndose en todo momento con la Seguridad Alimentaria), con el objetivo de cumplir el incremento de la demanda para 2008 en unos 850 millones de litros, la cual se incrementará de manera progresiva hasta el año 2013, cuando se establezca de forma mundial un programa que obligue a las naciones mundiales mezclar la gasolina con 5% de etanol. La demanda actual del biocombustible se estima en alrededor de 16 billones de litros anuales y se espera que para 2013 la demanda alcance los 22 billones de litros por año⁶³.

Es así como en Brasil se espera aprovechar una oportunidad para el combustible planteando una producción de biocombustibles de manera sustentable. Y con resultados desfavorable en sus políticas pues ya desde la primera mitad del decenio más de 18 millones de automóviles utilizan etanol, tres millones consumen etanol puro y 15 millones consumen gasolina con 25% de etanol.⁶⁴

En el año 2005 entró en vigor el Plan Nacional de Agroenergía 2006-2011, teniendo como objetivo principal expandir y transferir el conocimiento de la tecnología para contribuir a la producción sustentable de la agroenergía mediante el uso racional de la competitividad y el soporte de las políticas públicas. Sobre el tema del etanol el Plan menciona que del año 2000 y hasta el año 2030 la demanda se incrementará en 1.7% anualmente.

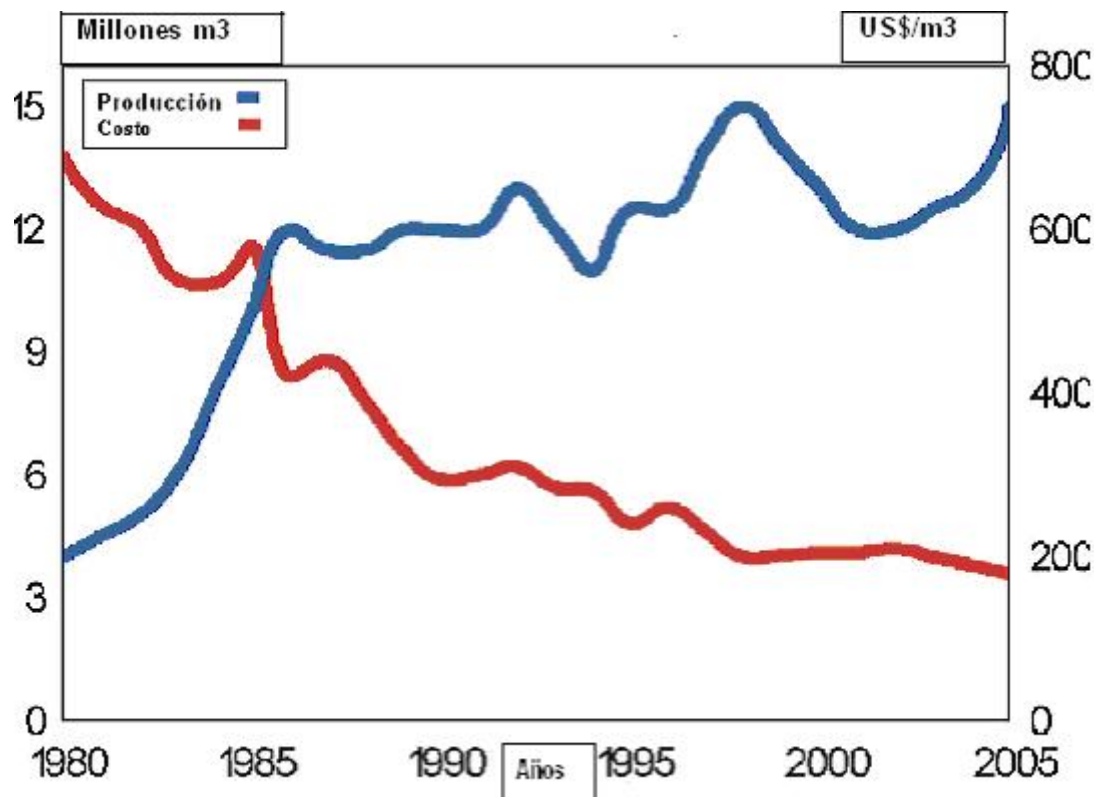
A nivel mundial la producción de etanol equivale a unos cuarenta billones de litros (Brasil produce del total), de los cuales se utilizan 25 billones para fines energéticos. El arranque temprano anterior a la década de los ochenta le ha permitido reducir significativamente los costos de producción del etanol

⁶³ Macedo, I.C. y L.A. Horta Nogueira. *Biocombustíveis, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República*. Departamento de energía. Brasília, Brasil. 2005.

⁶⁴ Gerardo Honty. *Agrocombustibles y sustentabilidad en América Latina. Proyecto*. Ponencia presentada en el IV Congreso Regional de Ingeniería Química, Montevideo, Uruguay, 5 al 7 de junio de 2008 [http://agrocombustibles.org/conceptos/HontyAgrocombSustPonencia08.pdf]

conjuntamente con una trayectoria ascendente en la producción, tal como se observa en la gráfica 2:

Gráfica 2
Producción y costo del etanol en Brasil



Fuente: Plan Nacional de Agroenergía 2006-2011. Brasil 2005.

Con base en las proyecciones del Plan Nacional de Agroenergía 2006-2011, se estima que en los próximos cinco años la demanda interna de la producción de caña de azúcar para producir alcohol se incremente 80 millones de toneladas. El problema previsible es que también se necesitan 100 millones de toneladas anuales para el consumo doméstico, por lo cual se estudia la posibilidad de incrementar la producción de caña de azúcar en 200 millones de toneladas en los próximos ocho años.

A pesar de los problemas que se prevén, dicho Plan menciona que los grandes desafíos de la industria del etanol son: crear un mercado mundial de biocombustibles, tener la necesidad de expandir la industria azucarera, la necesidad de investigar la infraestructura de producción dentro del país y tener la

suficiente capacidad industrial para atender las necesidades del crecimiento del sector, considerando incrementar en quince unidades industriales por año en los próximos cinco años y en diez unidades en los siguientes tres, tomando en cuenta los problemas climáticos.

A manera de resumen se mencionan cinco grandes desafíos sobre el biocombustible etanol: eliminar los factores restrictivos del potencial productivo de la caña de azúcar, incrementar la producción de la caña de azúcar utilizando fitohormonas, investigar las nuevas tecnologías en sistemas productivos para mitigar el impacto ambiental, investigar nuevas tecnologías para aprovechar de forma integral toda la energía que da la planta de la caña de azúcar mediante nuevos procesos y desarrollar nuevos productos y procesos basados en la alcohol química y en el aprovechamiento de la biomasa.

Estados Unidos. En las últimas dos décadas ha habido un incremento de la producción de etanol con el objetivo de reducir la importación de petróleo y reducir el déficit comercial, así como desarrollar de manera eficiente las economías agropecuarias regionales.⁶⁵ La creciente importación de petróleo ha llegado a preocupar al Departamento de Energía de los Estados Unidos, el cual estima que para 2010 comprenda el 68% del consumo total energético.

El uso del etanol se ha impulsado bajo la iniciativa de la Clean Air Act promovida por la Agencia de Protección del Ambiente desde 1990. Dicho acuerdo menciona que ha sido positivo el desarrollo de los biocombustibles, pues las emisiones permitidas de los vehículos han disminuido, disminuyendo también los óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, buscando con ello el oxígeno de las naftas. Durante el año 2000 en la mayoría de los estados se empezó a utilizar de manera común el MTBE⁶⁶ como oxigenante, desplazando al

⁶⁵ En Estados Unidos la producción del etanol es a partir del almidón extraído del núcleo del maíz, siendo el proceso productivo una combinación de tecnologías tales como la microbiología, la química y la ingeniería. El proceso más común en las industrias es la molienda seca, produciendo aproximadamente 379 millones de litros al año. Synergy in Energy - Ethanol Industry Outlook 2006. Renewable Fuels Association.

⁶⁶ MTBE (por sus siglas en inglés): El Eter Metil Terbutílico es una sustancia química usada en la gasolina como aditivo oxigenado.

etanol a un segundo plano.⁶⁷ Tiempo después la situación tuvo un nuevo giro, pues investigadores reportaron que el MTBE era contaminante de aguas subterráneas y al no ser biodegradable era un agente cancerígeno, por lo cual se tuvo que legislar en varios estados su uso.⁶⁸

Por lo anterior, el etanol ha tenido una demanda de aproximadamente 3,800 millones de litros por año. La regulación contenida en la *Ley de Política Energética 2005*⁶⁹ obliga a que la gasolina contenga 10% de etanol por litro, esperando que para 2012 se alcance 7,500 millones de galones de etanol utilizados, además prohíbe la utilización de aditivos. La actual demanda de etanol es de doce billones de litros y se espera que para el año 2012 se incremente a 28 billones de litros al año.⁷⁰ Cabe destacar que el apoyo del gobierno ha impulsado fuertemente el uso y la producción del etanol sin importar el partido que se encuentre en el poder, trayendo con ello que hoy día dicho producto sea disponible en todas las regiones del país.

Una de las grandes ventajas de Estados Unidos frente a otros países es la del las legislaciones a largo plazo implementadas, sobresaliendo sus experiencias en combinar un sistema dual, federal y estatal, beneficiándose todos los participantes en los distintos niveles de la cadena producción–consumo del etanol, además de que las legislaciones se han ido adaptando y mejorando a través de los años.

Los productores de etanol en Estados Unidos tienen la ventaja de los subsidios federales, los cuales pueden recibirlos de dos maneras distintas, una como exención del impuesto federal sobre las ventas o como crédito sobre el impuesto sobre la renta de la empresa, la cual realiza la mezcla o distribución del combustible renovable. Sobre esta última manera cabe destacar que la empresa

⁶⁷ Compuesto que se agrega a los combustibles generados a partir del petróleo para su oxigenación, el cual eleva el octanaje y reduce las emisiones de humo. Se fabrica a partir del metanol y del isobutileno. Tanto en Estados Unidos como en el resto del mundo, se ha utilizado de manera continua desde su salida y es el principal competidor del etanol. Urbanchuck, John M. *An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels*. AUS Consultants. USA, 2001.

⁶⁸

⁶⁹ Westcott, Paul C. “La expansión del etanol en Estados Unidos: ¿Cómo se ajustará el Sector Agrícola?”. *Sagarpa. Revista Claridades Agropecuarias*, No. 169,. México, septiembre de 2007.

⁷⁰ Department of Energy, 2005 (DOE), *Energy Bill*, Washington, DC. [<http://www.doe.gov>]

que realiza la mezcla del etanol puede tomar un crédito fiscal por galón comercializado, reduciendo así el costo mayorista del etanol en trece centavos de dólar por litro -cincuenta y dos centavos de dólar por galón- fijando la escala en cincuenta y uno centavos de dólar por galón de 2005 a 2010.

El sistema de exenciones fiscales federales desde 1991 por medio del programa Crédito sobre las Rentas para Pequeños Productores, ha tenido como objetivo impulsar el desarrollo de nuevos productores de etanol en el país. El crédito impositivo es de diez centavos de dólar por galón aplicados a los primeros 15 millones de galones de etanol por año, siempre y cuando la planta productora tenga como cantidad máxima 30 millones de galones al año⁷¹.

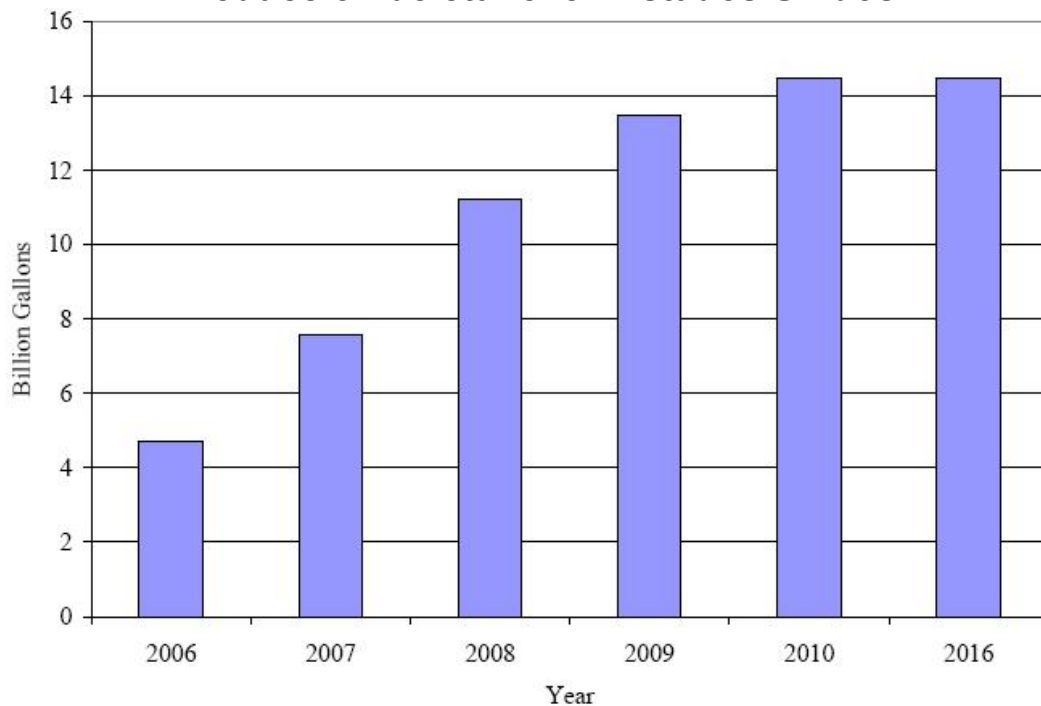
En una investigación reciente, se enfatiza el comportamiento del sector agropecuario a partir del impulso que existe en la producción de los biocombustibles y el incremento de los precios del petróleo.⁷² Se destaca también que los precios del maíz continuarán manteniéndose elevados en los próximos años (163 dólares por tonelada) y que las nuevas superficies cultivables no ayudarán a reducir las cotizaciones y la oferta de exportación del maíz disminuirá en corto plazo. El problema a seguir por los Estados Unidos es resolver la comercialización del etanol a nivel mundial. La producción del etanol se ha incrementado en los últimos años, ubicándose cerca de los cinco billones de galones en 2006, se espera alcance más de doce billones para el año 2009 y casi quince billones de galones hacia el año 2016, utilizándose 44 millones de hectáreas cultivables de maíz (a expensas de la superficie cultivada con frijol, soya y trigo), estimulando a los productores con precios promedio pagados en aproximadamente ciento treinta y cuatro dólares por tonelada,⁷³ como se puede observar en la gráfica 3:

⁷¹ En el año 2004, se aprobó la normativa Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC) la cual modifica el sistema de incentivos fiscales, alentando el uso del etanol y extendiendo la vigencia de los incentivos hasta el año 2010. También modifica el recaudamiento del impuesto federal sobre las ventas de combustible que contengan etanol en su compuesto, esto se calcula en base al volumen utilizado y no se limitan los niveles de mezcla utilizados, esto quiere decir, que es posible extender el uso del E85.

⁷² “Emerging Biofuels: Outlook of Effects on U.S. Grain, Oilseed, and Livestock Markets”

⁷³ Dermot J. Hayes. “Los Biocombustibles y sus efectos en el Sector Agropecuario estadounidense”, Universidad de Iowa. Revista *Claridades Agropecuarias*, No. 169, Sagarpa. México, septiembre de 2007.

Gráfica 3
Producción de etanol en Estados Unidos



Fuente: Dr. Dermot J. Hayes. "Los Biocombustibles y sus efectos en el Sector Agropecuario estadounidense". Universidad de Iowa. 2007. [<http://www.card.iastate.edu>]

Para poder consumir el etanol producido, el gobierno mediante apoyos a estaciones de gasolina instalará tanques y bombas para suministrar la mezcla de etanol y gasolina, así como también promoverá la compra de automóviles con motores flexibles.

En la actualidad Brasil y Estados Unidos han establecido un acuerdo de gran importancia hacia las metas establecidas por cada país. Los gobiernos de George W. Bush y de Luiz Ignacio Lula da Silva emitieron una declaración para trabajar con los pequeños países de América Central y el Caribe para la

producción de energía alternativa. El acuerdo también promueve los combustibles alternativos en la región y establece amplias normas y códigos industriales que serían la base de un mercado mundial de biocombustibles, consolidando con ello las instituciones democráticas e impulsando el crecimiento a largo plazo, así como también las inversiones en la región. El gobierno estadounidense pidió al congreso el apoyo de la iniciativa para reducir el consumo de gasolina en 20% en los próximos diez años, estableciéndose normas obligatorias para los combustibles con el fin de utilizar 132,500 millones de litros de combustible alternativo para el año 2017. Por último, ambos mandatarios consideraron que Brasil y Estados Unidos tienen la suficiente capacidad de ayudar a introducir la nueva tecnología para abrir un camino más próspero para el medio ambiente.⁷⁴

Unión Europea (UE). El apoyo a la producción de biocombustibles por parte de la UE se debe a la necesidad de aumentar la seguridad energética, el control sobre una fuente de energía sostenible, disminuir los riesgos ambientales, otorgar nuevos empleos al sector rural y explotar las tierras cultivables que han quedado comprendidas en los acuerdos de retirada obligatoria firmados por los países miembros.

El auge de los biocombustibles ha sido posible debido a un conjunto de políticas para fomentar su producción, comprendidas en siete ejes políticos que describen la estrategia de la bioenergía por parte de la UE, de los cuales abordamos tres.⁷⁵

a) Apoyo a la investigación y el desarrollo. Mediante la investigación se espera que para el año 2010 el descenso de los costos baje 30%, principalmente financiada por la Comunidad Europea. Los nuevos proyectos iniciados en el año 2007, como RENEW y NILE se encuentran enfocados al desarrollo de los biocombustibles de segunda generación. La nueva plataforma energética tiene el objetivo de proporcionar una estrategia de producción y consumo de bioenergéticos común para las comunidades europeas, sobre todo en el sector de

⁷⁴ Programas de Información Internacional del Departamento de Estado de los Estados Unidos. *Acuerdo de biocombustibles entre Estados Unidos y Brasil*. 22 de marzo de 2007. [<http://usinfo.state.gov/esp>]

⁷⁵ Comisión de las Comunidades Europeas. *Estrategia de la Unión Europea para los biocombustibles*. Febrero de 2006. [<http://www.europa.eu/index>]

transportes. En ella se encuentran representadas los principales sectores de la industria alimentaria, bioenergía, compañías petroleras, distribuidoras de combustibles, fabricantes de coches e institutos de investigación.

El séptimo programa marco 2007-2013 establece que la investigación sobre los biocombustibles es esencial para fortalecer la competitividad de la industria de biocarburantes de la UE, concentrándose en la energía destinada a bajar los costos unitarios de los combustibles mediante tecnologías tradicionales y el desarrollo de la segunda generación de biocombustibles, además de mejorar los métodos de producción de la biomasa, por medio de las biorefinerías.⁷⁶

b) Estímulo de la demanda de biocarburantes. En el año 2001 la UE adoptó propuestas legislativas en donde se contemplaban tres combustibles para desarrollarse, los biocombustibles, el gas natural y el hidrógeno. La Directiva sobre biocarburantes⁷⁷ establece una cuota de mercado de 2% para el año 2005 y de 5.75% para el año 2010. En 2006, la Comisión Europea mediante un informe sobre la aplicación de la Directiva sobre biocarburantes, abordó los temas sobre el uso obligatorio de biocombustibles y la exigencia de que sólo serán utilizados los biocarburantes cuya producción sea en UE y además deberán cumplir las disposiciones de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

c) Cuidado del medio ambiente. Los biocarburantes para poder contribuir en forma óptima al medio ambiente deben tener ventajas rentables en relación de los gastos efectuados y la disminución de gases de efecto invernadero, además de evitar daños ambientales ocasionados por la producción de biocarburantes y su materia prima utilizada, por último los biocarburantes deben garantizar que los problemas ambientales no se incrementen. Para ello los criterios y las normas utilizadas deberán cumplir con las disposiciones de la OMC.

El primer país en producir etanol fue Francia en la década de los noventa, tiempo después en el año 2000 se inauguró la primera planta productora de etanol

⁷⁶ Es una estructura que integra procesos de conversión de biomasa y equipamiento para producir combustibles, energía y productos químicos a partir de biomasa. Las biorefinerías industriales han sido identificadas como el camino más prometedor para la creación de una nueva industria basada en la biomasa. Portal de energías renovables. Suplemento electrónico *Biocombustibles*, CIEMAT. febrero de 2006. [<http://www.energiasrenovables.ciemat.es>].

⁷⁷ Directiva 2003/30/CE. *Relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte*. Parlamento Europeo y del Consejo. DO L 123. mayo de 2003.

en España, seguido de Suecia en el año 2001. En Italia existe una exención fiscal para los combustibles que tengan etanol y Holanda tiene una ley de promoción y exención de impuestos.

Alemania es hoy el mayor productor de biocombustibles europeo, principalmente de biodiesel. Ello se debe a que durante varios años la exención de impuestos sobre hidrocarburos contribuyó al desarrollo de un mercado fuerte de biocarburantes. El Tratado de Coalición del Gobierno Federal Alemán, en noviembre de 2005, estableció suprimir la exención de impuestos para los biocombustibles, introduciendo la obligación de mezclar etanol y biodiesel con gasolina. Para poder regular el mercado a corto y mediano plazo se creó la Ley de Impuestos Energéticos, la cual establece una imposición de diez centavos por litro a partir de 2008, incrementándose de manera anual hasta llegar a los 45 por litro en 2012, el etanol E85⁷⁸ quedará exento de impuestos hasta el año 2015, pero se exige un contenido de alcohol de 99% en volumen. También a partir de 2006 entró en vigencia la Ley sobre Cuotas de Biocombustibles en Hidrocarburos, la cual menciona que la industria petrolera está obligada a comercializar una cantidad mínima de biocombustibles; incluye también autorizaciones para dictar reglamentos jurídicos, poniendo énfasis en la sostenibilidad en la producción de biomasa en superficies agrarias protegiendo los espacios naturales ecologistas.⁷⁹

*Sudamérica.*⁸⁰

Además de Brasil, uno de los principales países productores de biocombustibles es Argentina, que desde la década de los ochenta produce etanol a partir de la caña de azúcar pero debido a los tratamientos impositivos se desalentó la inversión en dicho sector. A partir de 2001, bajo un conjunto de iniciativas se estableció un marco fiscal que disminuye la incertidumbre y promueve el desarrollo de los biocombustibles. Para ello se tiene una estabilidad

⁷⁸ E85 es un combustible de alcohol que la mezcla contiene una mezcla de hasta el 85% desnaturalizado combustible de etanol y la gasolina u otros hidrocarburos (HC) por volumen.

⁷⁹ Diario de Agroinformación. *Nueva legislación alemana sobre biocombustibles*. 11 de diciembre de 2006 [<http://agroinformacion.com>].

⁸⁰ La Organización Latinoamericana de Energía. Noticias sobre biocombustibles, boletín No. 21 y No. 25 de 2007.

fiscal de quince años para quienes inviertan en plantas productoras de etanol⁸¹; la liberación del IVA sobre las ventas de etanol y el uso de certificados fiscales para las compras que llegue a realizar la planta; obligación de mezclas de naftas con 5% de etanol.⁸²

En el año 2004 se creó el Programa Nacional de Biocombustibles, el cual tuvo como objetivo principal impulsar el uso de biocombustibles como fuente de energía renovable de manera tal que pueda ayudar a reducir el consumo de combustibles fósiles y minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero⁸³. El programa apunta a fomentar el uso de distintos tipos de biocombustibles líquidos, en especial el biodiesel obtenido como subproducto de la producción de aceites vegetales de soja, girasol o maíz y también el etanol, obtenido a partir del bagazo resultante de la cosecha de la caña de azúcar o de la producción de maíz. También existen evaluaciones para convertir los automóviles hacia el uso de biocombustibles con la necesidad de poder exceptuarlos de algunos impuestos que existen para la gasolina, así como fomentar la financiación de plantas generadoras de biocombustibles. Hoy en día, Argentina junto con Brasil ha acordado proyectos de integración para la producción de biocombustibles, en un principio para atender la demanda interna de ambos países y posteriormente exportar el producto a terceros⁸⁴.

En conjunto, Brasil y Argentina suman una producción de etanol:

	Etanol (Millones de litros)	
	Brasil*	Argentina*
2002	2408	159
2008	5118	200 [2007]

⁸¹ Comisión Nacional de Energía Atómica. *Biocombustibles en Argentina*. 25 de octubre de 2006.

⁸² Reporte del Observatorio. *Biocombustibles en Argentina*. Febrero de 2007.

[http://www.webpicking.com/info/fpt/nwl51_noticias2.doc].

⁸³ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. *Programa Nacional de Biocombustibles*. Argentina. Febrero de 2005.

⁸⁴ Noticia. *Encuentro "no oficial entre Lula y Kirchner para discutir la agenda regional"*. 27 de Abril de 2007
[http://www.adnmundo.com/contenidos/comercio/lula_visita_kirchner_270407.html]

* [<http://pepascientificas.blogspot.com/2009/06/cumbre-del-etanol-el-amazonas-en.html>]

* [http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_6/etanol.htm]

[http://www.asa.org.ar/vertext_clipping.asp?id=6264]

4. El caso de México

La promulgación de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (1 de febrero 2008) colocó al país en una ruta de producción de biocombustibles con base en la caña de azúcar y el maíz. En el espíritu de la ley se plantea impulsar la diversidad energética y el desarrollo sustentable sin poner en riesgo la seguridad alimentaria y al mismo tiempo impulsar el sector rural.

A pesar de que es explícito el espíritu ambientalista, la diversificación de fuentes energéticas y la seguridad alimentaria, esto último es incongruente del todo pues es un problema padecido por décadas y que aumenta año con año.⁸⁵ Por lo que probablemente la producción de biocombustibles agravará más este problema habida cuenta que la demanda de alimentos aumenta en mayor medida que su oferta. Si los productores agrícolas se desplazaran de la producción de alimentos a los insumos para bioenergéticos aumentaría la rigidez de la oferta alimentaria.

En México se ha evaluado la viabilidad de la producción de bioenergéticos, e independientemente del balance de energía, se ha apuntado que reemplazar la gasolina con etanol derivado del maíz reduciría considerablemente el consumo de petróleo, porque la producción de biomasa y el proceso de conversión requieren poco petróleo. A continuación se analiza el significado de los biocombustibles en el marco energético del país.

Matriz Energética Primaria

La producción de energía primaria para el año 2006 fue de 10,619 petajoules,⁸⁶ y se constituyó principalmente de hidrocarburos, con una aportación del 90% del total. La electricidad primaria (nucleoenergía, hidroenergía, geoenergía y energía eólica) tuvo el 4.6% del total. La biomasa se ubicó en 3.2%, de la cual la leña contribuyó con 2.3% y el bagazo de caña con 0.9%. Por último el carbón tiene una participación de 2.2% del total de la producción de energía

⁸⁵ Cf. Jesús Lechuga Montenegro. *La estructura agraria en México*. Un análisis de largo plazo. UAM Azcapotzalco. Noviembre 2006.

⁸⁶ 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.

primaria (Cuadro 5).

Cuadro 5
Producción de energía primaria 2007

	Petajoules	Estructura Porcentual
Total	10,522.97	100%
Carbón	251.23704	2.39%
Hidrocarburos	9,466.86	89.96%
Petróleo crudo	6,923.36	65.79%
Condensados	107.199983	1.02%
Gas natural	2,436.30	23.15%
Electricidad	458.554684	4.36%
Nucleoenergía	114.486	1.09%
Hidroenergía	268.181973	2.55%
Geoenergía	73.427236	0.70%
Eólica	2.459475	0.02%
Biomasa	346.314875	3.29%
Bagazo de caña	99.560647	0.95%
Leña	246.754228	2.34%

Fuente: Sistema de Información Energetica 2007
con información de SENER.

El consumo final total de energía registrado fue de casi 4,525 petajoules, constituyendo el 93.6% el consumo energético y el 6.4% restante lo representó el consumo no energético (asfaltos, lubricantes, grasas, entre otros). Así también, el consumo de energía por habitante fue de casi 76 millones de kilojoules, es decir, 12 barriles de petróleo crudo al año o 49 tanques de 50 litros de gasolina.

Dentro de la estructura sectorial de consumo energético, el sector transporte es el de mayor dinamismo, pues creció 6.8% más respecto a 2005, contribuyendo con el 44% del consumo final total; mientras el sector industrial creció 1.5% en igual periodo y su contribución fue de 28.1%. El sector residencial, comercial y público creció 0.2% y su contribución fue de 18.7%, mientras el sector agropecuario aumentó 4.7% y su participación fue de 28% del consumo final total (Cuadro 6). El combustible más utilizado sigue siendo la gasolina, la cual representa el 30.2% del total, seguida del diesel con 15.7%; electricidad con 15%; mientras el gas licuado

tiene 9.9%, leña 5.8%; bagazo de caña 2.2% y carbón mineral con 0.1%. Todo lo anterior indica que los hidrocarburos constituyen la principal fuente en la producción de energía primaria.

Cuadro 6
Consumo final de energía (petajoules)

	Variación		Estructura
	2007	2006/2007	porcentual
Consumo final total	4815.12	6.32	100.00%
Consumo no energético total	265.97	-7.53	5.52%
Petroquímica de PEMEX	158.65	-20.11	3.29%
Otros sectores	107.32	20.53	2.23%
Consumo energético total	4549.14	7.26	94.48%
Residencial, comercial y público	893.53	12.04	18.56%
Transporte	2157.83	9.73	44.81%
Agropecuario	134.90	6.52	2.80%
Industrial	1362.89	5.56	28.30%

Fuente: Sistema de Información Energética, Sener 2007.

La región que concentra la mayor parte de la producción de energía primaria es la Sur-Sureste con 93.2%, mientras el consumo final total de energía se distribuye de la siguiente manera: Centro 27.2%; Centro-Occidente 22.9%; Noreste 19.4%; Sur-Sureste 19.3% y Noreste 11.2%.

El sector energético en México necesita un cambio, pero el problema es como realizarlo sin tener consecuencias sociales y económicas negativas como por ejemplo en Argentina y República Dominicana.⁸⁷ Lo fundamental es incorporar las nuevas energías renovables en la matriz energética primaria, habida cuenta del rezago de competitividad en los sectores de transporte y energía. El incremento de la demanda eléctrica por el crecimiento industrial y de otros sectores de consumo, la creciente dependencia en los hidrocarburos para la generación eléctrica y una prospectiva que señala una cada vez mayor escasez de los mismos, indican la urgencia de incursionar en otras formas de generación eléctrica.

⁸⁷ Hernández Peñalosa, Alfredo. Las reformas energéticas, una expresión del neoliberalismo. México, 2004. [<http://www.nodo50.org>]

El gobierno mexicano presentó en 2006 una solicitud al Fondo Mundial del Medio Ambiente, para establecer un Fondo que permita fomentar el desarrollo de energías renovables. El proyecto fue aprobado con 70 millones de dólares para su constitución. La estrategia está basada en otorgar un incentivo temporal a la energía generada con recursos renovables y que sea destinada al servicio público.⁸⁸

México es importador de gasolina debido a la carencia de refinerías, y aún suponiendo que se construyeran más en los próximos años, la autosuficiencia energética persistirá. Es así que de no aumentar la capacidad de refinación, para el año 2015 las importaciones podrían alcanzar 489 miles de barriles diarios, la mitad de la demanda nacional. Por ello, la diversificación de la matriz energética podría lograr que al menos el país sea menos dependiente de importación de energía.⁸⁹

Es así como a largo plazo se seguirá utilizando hidrocarburos como fuente energética principal, sin embargo las energías renovables ayudarán a la reducción de gases de efecto invernadero con fuentes alternativas como la nuclear, eólica, hidráulica, biocombustibles, entre otras.

Situación de la industria petrolera

Hoy en día México necesita de una reforma energética que garantice un sistema efectivo de auditorías y controles externos e internos para evitar riesgos en la caída del volumen de producción y exportación de petróleo crudo; así como mejorar la operación de PEMEX. Es necesaria una reforma energética de largo plazo, en función de la transición energética por razones ambientales y por el incremento en la demanda y precios del petróleo, así como por problemas económicos y tecnológicos para extracción de nuevas reservas y el mayor aprovechamiento de fuentes de energías renovables. Los retos más difíciles son: la seguridad energética, la reducción de pasivos laborales, y las nuevas políticas

⁸⁸ Barnés de Castro, Francisco. Las Energías Renovables en México. CRE. México, 30 de mayo de 2006.

⁸⁹ Ídem.

de precios y tarifas que impulsen la diversidad energética como es el caso del etanol en Brasil.

Actualmente la inversión requerida es de aproximadamente 100 mil millones de dólares para proyectos de explotación, exploración y refinación para poder incrementar las reservas de 10 a 14 años. A pesar de estos problemas México, es uno de los principales productores de petróleo del orbe, al proveer más de 4% del total mundial.⁹⁰

PEMEX es un importante productor y exportador de petróleo, pero en la actualidad se enfrenta a un atraso tecnológico y la vulnerabilidad organizacional que se percibe mediante falta de acuerdos y arreglos que imposibilitan la renovación de la organización de la industria. En varios rubros específicos se observa el bajo desempeño de la industria, como ejemplo las reservas de petróleo han disminuido significativamente, puesto que las reservas probadas pasaron de 24.9 miles de millones de barriles de petróleo crudo a fines de 1999 a 14.7 en 2009; mientras las reservas probables pasaron de 21.4 en 1999 a 14.5 en 2009, y las reservas posibles de 11.5 a 14.7 (Cuadro 7).

Cuadro 7
Reservas de hidrocarburos (1999-2009)
(miles de millones de barriles de petróleo crudo)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Probadas	24.9	25.1	23.5	21.9	20.1	18.9	17.6	16.5	15.5	14.7	14.3
Probables	21.4	21.2	21.3	20.8	17.0	16.0	15.8	15.8	15.3	15.1	14.5
Posibles	11.5	12.0	11.3	10.3	13.0	13.1	13.4	14.2	14.6	14.6	14.7

Fuente: PEMEX, Informe Reserva de Hidrocarburos 2009.

En la matriz de consumo energético en el año 2007, el 62% de la demanda total de energía fue de consumo residencial, el [12%] del sector industrial, 10% del comercio, 8% del transporte y 8% de otros sectores. Estas proporciones

⁹⁰ Sánchez Acuña, Laura. "Predecir lo indeseable". Revista *El mundo del Petróleo*, año 4, tomo 23, agosto-septiembre de 2007.

difícilmente pueden ser modificadas en el corto plazo, por lo cual se le toma como válida para hoy día. La producción total en 2007 fue 3 081.7 millones de barriles de crudo y en 2008 de 2 792 millones. En cuanto a los ingresos petroleros para el año 2008 fueron de 865 559 millones de pesos,⁹¹ teniendo una tasa de restitución del 71.8%⁹² en tanto que 2006 la tasa comparable fue de 59.7%, esperando que continúe incrementándose en forma gradual hasta alcanzar la meta de 100% en el año 2012. Pese a ingresos considerables la situación de PEMEX es crítica por la alta tasa impositiva que absorbe el 93% de los ingresos y representan para el gobierno el 64% de los ingresos fiscales.⁹³ Lo anterior limita fuertemente la inversión en exploración y generación de nuevos yacimientos y la consecuente refinación. Por tanto, en 2009 las reservas probadas subieron de 9.3 a 9.9 años y la producción diaria pasó de 2.8 millones de barriles diarios en 2008 a 2.6 en 2009. Estas disminuciones son consecuencia de que los principales yacimientos se encuentran en declinación, tal es el caso de Cantarell que para el año 2007⁹⁴ produjo 11.9% menos con respecto al año anterior y en 2008 la producción ha bajado a tasas anualizadas de más del 35% en los últimos meses.⁹⁵ No obstante, se continúan realizando esfuerzos para fomentar la producción en nuevos campos como el Macuspana y el Litoral de Tabasco.

Por otro lado, el problema de abasto de gasolina es grave dada la insuficiente capacidad de refinación pues la oferta nacional cubre sólo 62% de la demanda interna y el costo de importación en 2008 fue de 9, 800 millones de dólares, equivalente al 30% del valor de la exportación de crudo.⁹⁶

⁹¹ Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. *Ingresos petroleros 2001-2008 y el régimen fiscal de PEMEX*. Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Diciembre 2007 [<http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0982007.pdf>].

⁹² Secretaría de Energía. *Comunicado 066/2009*. Enero de 2009 [<http://www.presidencia.gob.mx/prensa/sener/?contenido=43304&imprimir=true>]

⁹³ Reuters. Baja producción de crudo en México: PEMEX. *La Jornada en línea*. Junio de 2009 [<http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2009/06/19/baja-produccion-de-crudo-en-mexico-pemex/>]

⁹⁴ La producción de petróleo en promedio para el primer cuatrimestre de 2008 fue de 3,243 miles de barriles disminuyendo un 9% con respecto a 2007. Periódico *El Financiero*, 26 de mayo de 2008, pág. 19.

⁹⁵ Reuters. *Cantarell, en cuenta regresiva*. *Economista.com.mx*. Junio 2009 [<http://eleconomista.com.mx/notas-online/negocios/2009/06/16/cantarell-cuenta-regresiva>]

⁹⁶ Oliva, Ángel. “Los años en que vivimos en riesgo”. Sistema Nacional de Refinerías. Revista *El mundo del Petróleo*, año 4, tomo 23, agosto-septiembre de 2007.

Las importaciones en su mayoría provienen de Estados Unidos⁹⁷ y ampliando la capacidad de refinación se espera que en 2015 la oferta satisfaga el 80.6% de la demanda interna.⁹⁸ Los excedentes petroleros deberán utilizarse para mejorar la perforación, refinación, petroquímica, mantenimiento y construcción de ductos.⁹⁹

En la óptica gubernamental el futuro de la producción del petróleo radica en la exploración de áreas en aguas profundas del Golfo de México, pero para ello se necesita de una gran inversión y la necesidad de adquirir tecnología, capacidad de exploración y producción en estos tipos de yacimientos. Por ejemplo, a Estados Unidos le llevó 20 años desarrollar pozos petroleros en aguas profundas, requiriendo inversiones por 100 millones de dólares en promedio para perforar entre 70 y 100 pozos por año, con la participación de alrededor de cien empresas, logrando una producción aproximada a los 1.5 millones de barriles diarios.¹⁰⁰

Dada la disponibilidad futura de la energía fósil no renovable, el resultado en suma es un grave problema energético, tanto en la obtención, consumo y exportación de crudo, como en la refinación de gasolina. De ahí que se requiera tener un sector energético con mayor diversidad y que fortalezca la seguridad energética.

Combustibles alternos para México

El uso de combustibles alternativos ha abierto un nuevo camino para mejorar la calidad de aire en el planeta. Pero las nuevas energías enfrentan en la actualidad

⁹⁷Posted 03/03/2009. "Mexicana PEMEX ve importaciones gasolina estables en 2009". Periódico *International Business Times*. 7 de julio de 2009. Las importaciones de gasolina de México en este año sumarían unos 350,000 barriles por día (bpd), similares a las del 2008. [<http://www.ibtimes.com.mx/articles/20090303/pemex-gasolina-precios-eacute-xico-barril-petrolera.htm>]

⁹⁸ En los últimos diez años, el consumo de combustibles en el sector de transporte se incremento en una tasa de crecimiento promedio de 3.9%, impulsado por el crecimiento de parque vehicular a gasolina. Para el año 2006, de los 1 093 millones de barriles diarios utilizados en transporte, el 65.7% se utilizó en gasolinas, 28.6% en diesel y 5.6% en turbosina. Prospectiva de Petrolíferos 2006-2015. SENER. [www.sener.gob.mx].

⁹⁹Los ingresos de PEMEX de 2008 fueron de \$863 mil 411 millones de dólares. Por lo que estos siguen en picada ya que en los primeros 4 meses de 2008 se obtuvieron \$15 mil 543 millones de dólares a diferencia de 2009, que en igual periodo fue de \$6 mil 142 millones. La suma cayo 60% con una pérdida de \$9 mil 400 millones, con un volumen promedio de 1 millón 254 mil barriles diarios. Welt Vision. *El mundo HOY*, mayo de 2009. [<http://weltmx.blogspot.com/2009/05/caen-60-los-ingresos-petroleros-de.html>]

¹⁰⁰ Esther Arzate. "Difícil, que Pemex pueda solo avanzar en aguas profundas". Periódico *El Financiero*, 6 de mayo de 2008, pág. 18.

incertidumbre para su disponibilidad en el futuro y su consecuente repercusión en los costos de producción. Por esta razón es necesario conocer las fuentes renovables energéticas más sustentables y favorables. La importancia de poder desarrollar alternativas energéticas tendrá como resultado no solo la reducción de costos en los diversos sectores industriales, sino que también será un elemento fundamental para disminuir los impactos ambientales y su impacto en el crecimiento futuro.¹⁰¹

Para el caso de México los combustibles alternos con mayor viabilidad son los siguientes:

- *Electricidad*. Mediante el uso de una celda de combustible compuesto por hidrógeno y oxígeno, donde el hidrógeno actúa como elemento combustible y el oxígeno es obtenido directamente del aire.¹⁰² La ventaja de utilizar la electricidad como combustible es que no existe emisión de contaminantes, además de que no tiene partes móviles por lo cual son silenciosas y como al no utilizar la combustión para generar energía son libres de contaminación. La celda más utilizada a nivel mundial es la de Ácido Fosfórico (PAFC), y su uso puede ser en clínicas, hospitales, hoteles, edificios de oficinas, escuelas, plantas eléctricas, también puede ser usado en vehículos grandes como autobuses y locomotoras. En cuanto al precio las celdas de combustible no superan los gastos anuales de gas natural o electricidad por lo cual es una buena alternativa de combustible.¹⁰³

¹⁰¹ Para poder fortalecer todos los proyectos relacionados con la energía renovable, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) junto con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 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. Reglas de operación del Programa de Riesgo Compartido para el Fomento de Agronegocios FOMAGRO, marzo de 2005. [<http://www.firco.gob.mx>].

¹⁰² El hidrógeno fluye hacia el ánodo de la celda, donde una cubierta de platino ayuda a quitar los electrones a los átomos de hidrógeno dejándolo ionizado, o sea, en forma de protones (H⁺). La membrana electrolítica permite el paso solo de los protones hacia el cátodo. Debido a que los electrones no pueden pasar a través de la membrana, se ven forzados a salir del ánodo por un circuito externo como forma de corriente eléctrica, ésta es la corriente eléctrica que se utiliza para hacer funcionar los artefactos. Luego, a medida que el cátodo deja fluir a través de él al oxígeno, éste se combina con los protones y los electrones anteriormente citados para formar agua. Como esta reacción naturalmente está desplazada hacia la formación de agua, cuando se produce, se libera energía en forma de calor. Dallo Melina Gabriela. *Celdas de combustible*. Universidad de Flores. Buenos Aires, Argentina. [<http://www.eco2site.com>]

¹⁰³ H. T. Odum, et. al. *Combustibles y Electricidad. Curso de ecosistemas y políticas públicas*. Universidad de Florida, Gainesville, USA. 2001 [<http://www.unicamp.br>]

- *Gas natural*. Es un combustible que se emplea en vehículos adaptados y reduce la emisión de monóxido de carbono y partículas en casi 90%, mientras los óxidos de nitrógeno se reducen en 50%, generalmente se utiliza en vehículos medianos o de trabajo pesado. Tiene como inconvenientes el peligro de manejo a alta presión y su poca disponibilidad en sitios de consumo, es decir se necesita de un sistema de ductos pues se produce en un sitio y se utiliza en otro, y en el caso de la Ciudad de México se cuenta con estaciones de suministro de gas natural vehicular (GNV). Las ventajas económicas frente a la gasolina son: su precio, pues el kilo de gas natural es de aproximadamente un dólar y el costo por cada cien kilómetros es de siete dólares y diez centavos; mientras que la gasolina tiene un precio aproximado de un dólar con sesenta centavos y su costo por cada cien kilómetros equivale a casi 16 dólares. Son adecuados para el transporte urbano como los autobuses o los camiones, pues reducen la polución y mejorará el aire del medio ambiente.¹⁰⁴

- *Gas LP*. Es un gas combustible más pesado que el aire, el cual está formado básicamente por mezclas de propano y butano en cualquier proporción, aunque la composición típica en México es de alrededor de 61% de propano y 39% de butano. Es un subproducto del proceso de refinación del gas natural, además es de uso doméstico y de fácil adaptación en los motores vehiculares. Se estima que existen 2 mil estaciones de carburación que dan servicio a 700 mil vehículos a nivel nacional, los cuales el 1% se concentran en el Distrito Federal.¹⁰⁵ Y a pesar de su prohibición para uso automotriz muchos autobuses y camiones lo utilizan como combustible debido a su bajo costo será de 9.15 pesos por kilogramo y de 4.94 pesos por litro en la zona 92 que comprende el Distrito Federal y el Estado de México.¹⁰⁶

- *Hidrógeno*. Es utilizado cotidianamente en la transportación y sus emisiones son mínimas, pero tiene un costo competitivo muy alto. Es empleado de dos maneras:

¹⁰⁴ Fundación Económica para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). *Gas Natural*. Febrero de 2006. [http://www.fecyt.es/especiales/gas_natural]

¹⁰⁵ Universidad Tecnológica Metropolitana. *Uso de gas licuado como combustible de automóviles*. Julio de 2007. [<http://www.utem.cl>]

¹⁰⁶ Profeco. *Informa Profeco los precios de gas LP, vigentes a partir de hoy y hasta el 31 de diciembre de 2009*. Comunicados a medios 003. Enero 2009 [<http://www.profeco.gob.mx/prensa/prensa09/enero09/bol03.pdf>]

en la alimentación de una celda de combustible y como mezcla de hidrógeno puro con gas natural. Puede ser una fuente de combustible muy eficiente si se llega a producir rentablemente, pero no es recomendable para México pues requiere de diversas tecnologías de soporte, así como equipos y materiales especiales que implicarían grandes costos. En la actualidad aunque no existe un sistema de distribución y de transporte para su uso automotriz, es recomendable por su limpieza.¹⁰⁷

- *Metanol*. Algunos vehículos prototipos han empleado mezclas de M85, lo cual significa 85% metanol y 15% gasolina, pero su aplicación es básicamente en petroquímica. Las máquinas adaptadas para el uso de metanol no se pueden mezclar con gasolina, sin embargo es un combustible con buen desempeño y bajas emisiones. Su uso como combustible alternativo se ha popularizado en vehículos de competencia debido a su alto octanaje, lo que hace que la flama sea más controlable y el consumo de combustible mínimo. Empleando metanol, los automóviles eliminarían casi por completo las emisiones de partículas en suspensión y compuestos tóxicos tales como: Óxido de Nitrógeno, Ozono, hidrocarburos no quemados, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono y Dióxido de Azufre, entre otros.¹⁰⁸

- *Serie-P*. Los combustibles de la Serie-P, son mezclas de etanol, methyltetrahydrofuran (MTHF) y pentanos, mezclados con butano, por lo cual es un combustible que soporta severas condiciones de bajas temperaturas. Contienen 60% de sustancias no petroleras, lo cual los hace más amigables al ambiente. Sus principales características son: reducción de ruido; capacidad de carga alta; largos periodos de funcionamiento; mantenimiento fácil. La Serie - P se fabrica basándose en un Sistema de Calidad Total de acuerdo con la Directiva Europea 2000/14/EC referente a emisiones medioambientales de ruido.¹⁰⁹

- *Energía Solar Térmica*. Se encuentra constituida por la emisión de luz que emite el sol y por los interceptores que se encuentran en la tierra. Para poder captar la

¹⁰⁷ Grupo Energía Alternativa. *Hidrógeno como combustible*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Enero de 2007. [<http://ingenieria.udea.edu.co>]

¹⁰⁸ Textos Científicos. *Metanol como combustible*. Enero de 2007. [<http://www.textoscientificos.com>]

¹⁰⁹ Grupo Pramac. *Generadores Eléctricos*. Febrero de 2007. [<http://www.gebravo.com>]

energía solar existen dos formas: la pasiva, que no requiere ningún dispositivo específico para captar la energía solar, tal es el caso de las estructuras arquitectónicas; y la activa, que captura la radiación solar a través de dispositivos llamados colectores, los cuáles realizan conversiones térmicas para ser aprovechados como energía calórica o también conversiones eléctricas para aprovecharla como energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico. Sus aplicaciones pueden utilizarse en el proceso de escaldado de ganado, en escaldado de frutas y verduras y en procesos de limpieza de instalaciones así como en procesos agroindustriales alimenticias. En cuanto a las ventajas económicas se estima que utilizando dicha tecnología en las industrias se puede llegar a ahorrar 67% de los volúmenes utilizados de gasolina o diesel y en caso de que la industria utilice Gas LP, los ahorros generados equivaldrían a casi el 80%. En México, las principales entidades que utilizan en sus proyectos industriales la energía solar térmica son: Tabasco, Nuevo León, Comarca Lagunera, Jalisco, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas.¹¹⁰

- *Biodiesel*. Es un combustible biodegradable que se puede emplear como complemento del diesel, es 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 alcanzan entre 400 y 800 millas por tanque, puede ser utilizado en motores de combustión-ignición sin disminuir su potencial. Hoy en día, es un combustible utilizado en países del primer mundo donde se establecen usos del 5% de biodiesel como aditivo al gasoil, y se pretende que en 2010 la mezcla sea del 10%. Los costos de biodiesel están en alrededor de 35 pesos por galón y puede complementarse con combustible diesel bajo en azufre. Producir cinco litros de biodiesel en Estados Unidos requiere alrededor de 16 kilos de aceite de soya, el cual tiene un costo alrededor de diez centavos de dólar por kilo sin contar los costos de producción que sería de alrededor de un dólar con cincuenta centavos.

¹¹⁰ SAGARPA y FIRCO. "Aprovechamiento de la energía solar térmica en el sector agropecuario". Revista *Claridades Agropecuarias* No. 170, Sagarpa. México, octubre de 2007.

Para el caso de México, la aplicación experimental la inició el Instituto Tecnológico de Monterrey en 2003 con una planta piloto de 200 litros para abastecer un autobús y dos vehículos Jetta TDI privados. En 2005, Grupo Energéticos construyó la primera planta comercial ubicada en Cadereyta, Nuevo León, con un nivel de producción actual de 300 mil litros por mes. Y existen proyectos en Estados como Michoacán y Chiapas, en ambos casos la materia prima promovida es la higuera, *Jatropha* y la palma de aceite.¹¹¹

Según la Secretaría de Energía, los costos de producir biodiesel tienen un rango de entre 5.3 a 12.4 pesos por litro equivalente.¹¹² Los cultivos más competitivos son la palma, girasol y soya. Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel. Para poder sustituir 55 del diesel de petróleo sería necesario instalar 10 plantas con capacidad de 100 mil t/año y deberán ser instaladas cerca de refinerías o plantas productoras de aceite vegetal. Las inversiones estimadas para un escenario de 5% de sustitución alcanzaban los 227 millones de dólares en ese momento. La introducción de dicho biocombustible podría basarse en materias primas de bajo costo como los aceites o las grasas recicladas.

La producción a gran escala requiere de investigación y desarrollo pues los principales cuellos de botella están en el sector agrícola, por ello se debe establecer un programa que apoye a la agricultura para que pueda lograr producir el suministro de los insumos, fortaleciendo así la integración de semillas oleaginosas como la *Jatropha* para crear un valor añadido en las áreas rurales.

En suma, los combustibles alternativos más viables para México son el biodiesel y el etanol, ya que pueden ser una fuente de desarrollo industrial y rural a la vez. México se caracteriza por su alto cultivo de plantas y por ello se puede desarrollar una industria capaz de generar plantas procesadoras de semillas oleaginosas para extraer aceite y producir biodiesel; mientras las hojas y su

¹¹¹ Dr. Prost, Oliver. *Experiencias y perspectivas de la producción de biodiesel en México*. Tecnológico de México, Campus México. Red Mexicana de Bioenergía. Evento Agronegocios en un Nuevo Ambiente Global. Oportunidades y Retos. 19 de abril de 2007. [<http://homepages.mty.itesm.mx/oprobst/>]

¹¹² Comisión de transportes. *Dictamen de la comisión de transportes...* Cámara de Diputados. 2008 [http://archivos.diputados.gob.mx/Comisiones/Ordinarias/Transportes/Iniciativas/15_ProyectodeDictamen_IN_FQMP.pdf]

celulosa pueden servir para obtener azúcares que a su vez sean utilizados para la producción de etanol.

Sin embargo se deben definir con claridad los costos de producirlo pues por ejemplo, el 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.

Marco legal: Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos.

En 2006, la Cámara de Diputados aprobó la nueva Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, cuyo 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 la gasolina y al diesel para adicionarlo al biodiesel, propiciando la autosuficiencia energética y el mejor aprovechamiento de la producción agrícola, dándole un valor adicional que es la producción de energía, existiendo, por ende, una estimación diferente de los precios y otros factores de la economía.

La ley contiene el marco para definir jurídicamente las fuentes renovables de energía, en particular la biomasa; establecer incentivos a la producción de etanol en la industria azucarera para ser usado como combustible; normar la utilización del etanol como oxigenante de la gasolina en todo el país, y en particular, como insumo del ETBE¹¹³ en las grandes ciudades; impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico en fuentes renovables en especial los bioenergéticos; y para el Estado establece la obligación de sustituir el MTBE por el etanol o el ETBE como oxigenante.

La Ley consta de 56 artículos comprendidos en 5 títulos. El Título Cuarto concierne al medio ambiente y la oxigenación de gasolina, comprende aspectos relacionados con el control de la contaminación de la atmósfera, la calidad

¹¹³ Un biocombustible derivado del bioetanol es el ETBE (etil ter-butil eter) que se obtiene por síntesis del bioetanol con el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. Este 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%.

ambiental en la producción de bioenergéticos, y el cumplimiento de compromisos adquiridos por el Estado con respecto al medio ambiente.

La Secretaría de Agricultura es la encargada de impulsar la producción de insumos para bioenergéticos sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del país. La Secretaría de Energía impulsará el desarrollo y la comercialización de bioenergéticos, así como su introducción al mercado a través de un programa nacional, 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.¹¹⁴

De acuerdo con la iniciativa sólo se utilizaría una mezcla del 6% de etanol y el resto gasolina, y gradualmente incrementarlo hasta alcanzar un 10% como máximo de combinación. En México, el uso de la bioenergía llega al 8% del consumo de energía primaria. La más utilizada son la leña y el bagazo de caña. La primera es consumida por 25 millones de personas en el mundo rural y la segunda sirve de combustible en ingenios azucareros.¹¹⁵ Cabe señalar que la producción de etanol será viable siempre y cuando se produzca de caña de azúcar y no de maíz, ya que este último es una base importante en la pirámide alimentaria. Además, también se debe renovar la flota vehicular y evitar la producción de etanol bajo un proceso agrícola deficiente, pues se puede dar el caso de que aumente la contaminación más de lo que se pretende reducirla.

Producción de Biocombustibles

Se espera que la primer planta de producción de etanol en México, ubicada en Jalisco, este terminada el próximo año según la Secretaría de Agricultura. Esto conllevaría a que Guadalajara sería la primer ciudad del país en donde se utilice el etanol como combustibles de vehículos. También, para este año se determinará

¹¹⁴ Cabe señalar que el Senado de la República actualmente se encuentra analizando dicha Ley, por lo cual para que cualquier proyecto empiece a operar debe esperar la dictaminación.

¹¹⁵ El Universal. *Bioenergía, esencial en el desarrollo de México*. Abril 2009 [<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/426393.bioenergia-esencial-en-el-desarrollo-de-mexico.html>]

en donde hacer inversiones para tecnificaciones de riego y tener la genética de la caña adecuada en algunas zonas de riego, con lo cuál se tendrán las primeras hectáreas que empezaremos a cultivar.¹¹⁶

Para el primer semestre de 2008 existían 19 proyectos de plantas de etanol en el país, 3 en Sinaloa, 2 en Tamaulipas, 1 en Guerrero, 2 en Veracruz, 1 en Morelos y 10 plantas faltan por definir su sede.¹¹⁷ Sin embargo, para que este tipo de combustible empiece a comercializarse, hay que realizar diversas para fomentar y regularizar el etanol como aditivo.

Destilmex es la primera empresa mexicana ubicada en Sinaloa que inició en mayo de 2008 pruebas para producir etanol. Con una capacidad de producción de 30 millones de galones de etanol al año. La empresa menciona negociaciones con el *blender* estadounidense C&N para exportar toda la producción de etanol a California. Si PEMEX empieza a mezclar el biocombustible con la gasolina a partir de 2009. Destilmex construirá una segunda unidad, cuyas obras empezarían en marzo de 2009 con una inversión de 45 millones de dólares.¹¹⁸

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 m³ / año con un ahorro de divisas de 1,982,835 miles de dólares (Cuadro 8).

¹¹⁶ Informador Redacción. *En 2009 Jalisco tendrá la planta de etanol, sostiene Alberto Cárdenas*. Agosto 2009. [<http://www2.informador.com.mx/jalisco/2008/33527/6/en-2009-jalisco-tendra-la-planta-de-etanol-sostiene-alberto-cardenas.htm>]

¹¹⁷ Núñez Luna, Marina. “Zucarmex y Mexstarch formalizaron con Sagarpa construcción de plantas de etanol”. Noticias de *Avicultura*. 21 de mayo de 2008. [<http://www.Avicultura.com.mx>]

¹¹⁸ López, Alma. “Destilmex iniciará en mayo pruebas para producir etanol”. Periódico *El Financiero*, 18 de abril de 2008, pág. 23.

Cuadro 8
Escenarios posibles para 2012

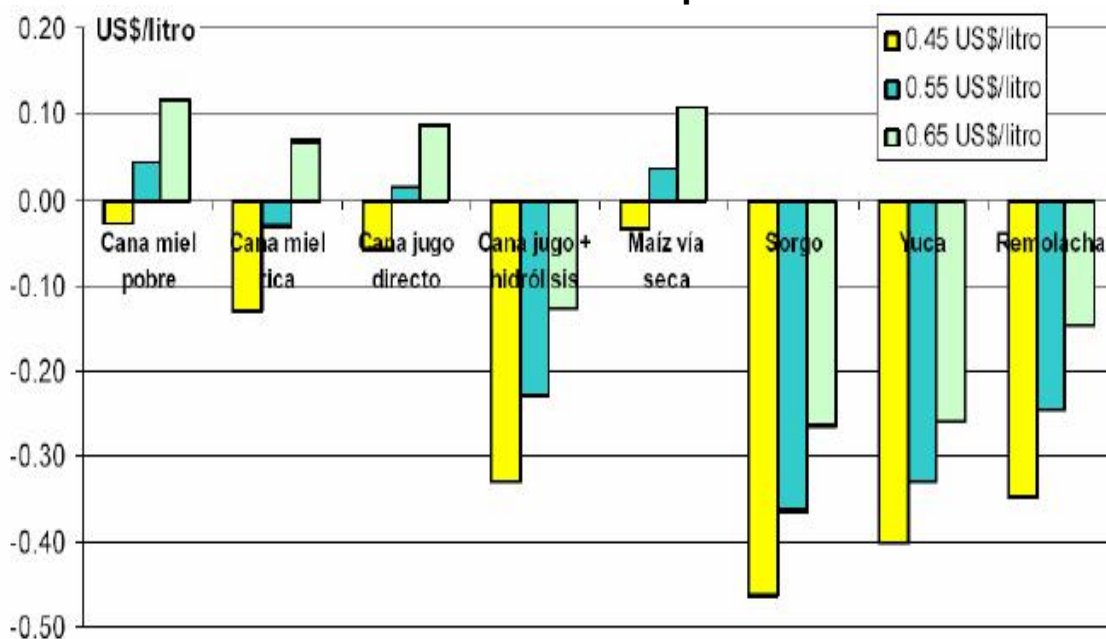
Escenario	Demanda estimada de etanol (1000 m ³ / año)	Ahorro de divisas por reducción de importación de gasolina (miles de dólares)
Sustitución de la producción nacional de MTBE por ETBE, en la capacidad de producción (oxigenante)	411.9	185,355
Sustitución total de los éteres por E5 en 44% de la gasolina	1,110.60	499,500
Mezcla de E10 en toda la gasolina del país	4,406.30	1,982,835

Fuente: "Potencialidades y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para Transporte en México", SENER -BID-GTZ., noviembre de 2006.

Considerando las regiones, climas y el uso de agua para fabricar etanol,¹¹⁹ los principales cultivos a utilizar son la caña de azúcar y maíz, los cuales valorados a precios de 2008 y bajo tres posibles precios de etanol, muestran mayor rentabilidad respecto al sorgo, yuca y remolacha (Gráfica 4).

¹¹⁹ Hay que considerar que el recurso agua en lo general es escaso y desigualmente distribuido pues el noroeste es semi árido y el sureste concentra los mayores volúmenes de agua. En cuanto a climas el 60% es árido y semi árido y solo el 12% están en la categoría de húmedo y super húmedo. SAGARPA

Gráfica 4
Rentabilidad de los insumos en la producción de etanol



Fuente: "Potencialidades y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para Transporte en México", noviembre de 2006. SENER-BID-GTZ.

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 primeros insumos.

Caña de azúcar

La zafra 2008-2009. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación menciona que la molienda acumulada de 2.2 millones de toneladas y una producción acumulada de azúcar de 214,988 toneladas. Al término de este periodo, se tiene como meta, una producción estimada de caña de azúcar de 48.1 millones de toneladas, de las que se obtendrán 5.5 millones de toneladas de azúcar, con lo que se garantizará el abasto del mercado interno y los

excedentes se aprovecharán para venderse en los mercados internacionales.¹²⁰ En las condiciones actuales, el aprovechamiento energético de los ingenios con respecto a la viabilidad económica de producción de etanol es autosuficiente, si se consideran subsidios a la agricultura en cuanto a la producción de caña destinada para etanol, sin afectar así el cultivo de caña destinada a otros usos.

Teniendo en cuenta la capacidad instalada de las destilerías y con rendimientos en un rango de 230 y 250 l/TM de melaza procesada, se obtiene que una tonelada de azúcar se convierte en 644.8 litros de etanol absoluto, si se toma en cuenta una melaza con 45% de eficiencia de fermentación y una destilación de 98.5% se obtendrían 290.16 litros de etanol y con una eficiencia de fermentación de 85% y una destilación de 98.5% , la producción de etanol sería de 243 litros.

Maíz

Las cualidades genéticas del maíz lo hace uno de los cultivos con más presencia en el mundo. En 2008, a nivel mundial se produjeron 787,1 millones de toneladas¹²¹ en particular en América Latina y el Caribe (excluido México) la cosecha es de 3,7.¹²² En México, el cultivo cubre el 65% de la superficie agrícola destinada a granos básicos y sus montos representan el 50% de ellos. En 2008 se produjeron 21 millones de toneladas, de las cuales el 93% fue blanco y el 7% amarillo, su precio en diciembre de 2008 fue de 205 dls. / tonelada.¹²³

Sinaloa es el estado más importante a nivel nacional aportando el 40% de de la producción de maíz blanco, así como un cuarto en caña de azúcar. Desde 1995, la cosecha anualizada se a situado por encima de los 3 millones de toneladas. Es por ello que los proyectos para obtener etanol se enfocan hacia dicho estado. Con ello, se pretende industrializar cerca de 2.5 millones de

¹²⁰ Secretaría de Agricultura y Ganadería. *Comunicado 248. Zafra 2008-2009*. Dirección General de Economía Agropecuaria. México. 31 diciembre de 2008.

¹²¹ Asohuevo. *Estiman ligero aumento en producción mundial de maíz respecto a mes pasado*. Abril 2009. [<http://www.asohuevo.cl/asociados/noticias/noticia.php?id=156>]

¹²² Oficina Regional para América Latina y el Caribe. *Perspectivas de Cosechas e precios de los alimentos*. Abril 2009 [<http://www.rlc.fao.org/es/temas/precios/locales.htm>]

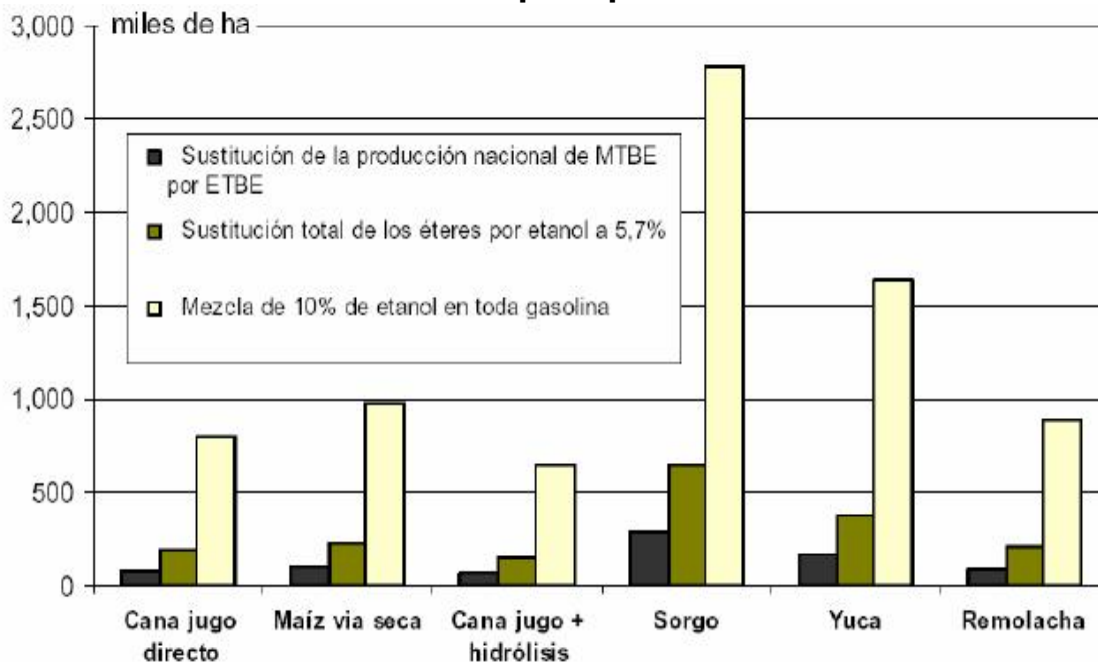
¹²³ SDP Noticias.com. *Advierten déficit en producción de maíz en México*. Mayo 2009. [<http://sdpnoticias.com/sdp/contenido/2009/05/16/399923>]

toneladas en el transcurso de 2006-2011.¹²⁴ Colocando al etanol como un factor detonante del crecimiento y el desarrollo de la economía regional y, por ende nacional. Sin embargo cabe señalar que Sinaloa no es productor de maíz amarillo, cuya variedad es central en la producción de etanol, colocando a nuestro país como en el ámbito de las adquisiciones externas y situando un escenario difícil para los agricultores y productores que pretendan elaborar etanol en nuestro país.

Para que México opte por el etanol como combustible alternativo requiere tiempo, pues solo para incorporar el 20% del biocombustible a las gasolinas utilizadas en todo la ciudad de México, implica utilizar cerca de 500 mil hectáreas. Además de que deben considerarse los costos asociados al incremento de los insumos utilizados para producir el biocarburante, aunado a una utilización de tecnología de punta. Sin embargo, bajo los escenarios mencionados, utilizar caña de azúcar o maíz como materia prima las hectáreas necesarias serían menores en comparación con el sorgo, yuca y remolacha (Gráfica 5).

¹²⁴ Cabe señalar que en Los Mochis, Sinaloa, la segunda planta de etanol lleva 35% de avance y contempla moler 90 mil toneladas de maíz blanco para obtener una producción de 10.5 millones de galones al año. Está prevista a partir de 2009 y tendrá un costo total de 450 millones de pesos con capital nacional y extranjero. Respecto a los beneficios del proyecto, Luis Lorence Rubio, representante legal de industrias Mexstarch informó que la planta ubicada en la zona industrial de Los Mochis además producirá nueve mil toneladas de fibra alimenticia, seis mil toneladas de germen alimenticio, mil 800 toneladas de aceite alimenticio y seis mil toneladas de granos secos de destilería, con alta calidad protéinica. *Teorema Ambiental*. "Sinaloa: construyen la segunda planta de etanol en el estado". *Revista Teorema Ambiental*, No. 68, abril de 2008. [<http://www.teorema.com.mx>]

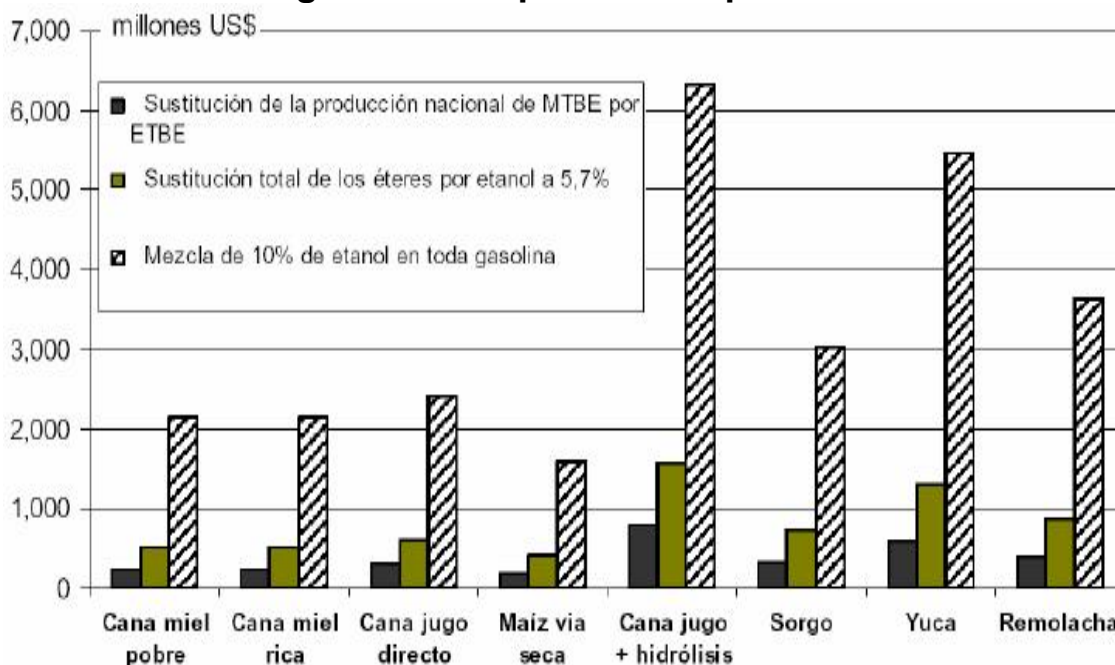
Gráfica 5
Hectáreas necesarias para producción de etanol



Fuente: "Potencialidades y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para Transporte en México", noviembre de 2006. SENER-BID-GTZ.

La inversión necesaria para producir etanol en una mezcla de E10 en toda la gasolina es de aproximadamente 1,600 millones de dólares si utilizamos maíz como materia prima, mientras para la caña de azúcar con miel rica su inversión sería de aproximadamente 2,100. Ambas inversiones son menores en comparación con el sorgo, la yuca o la caña en jugo bajo un proceso en hidrólisis, como se observa en la gráfica 6. 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 (Gráfica 6).

Gráfica 6
Inversiones según materia prima en la producción de etanol



Fuente: "Potencialidades y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para Transporte en México", noviembre de 2006. SENER-BID-GTZ.

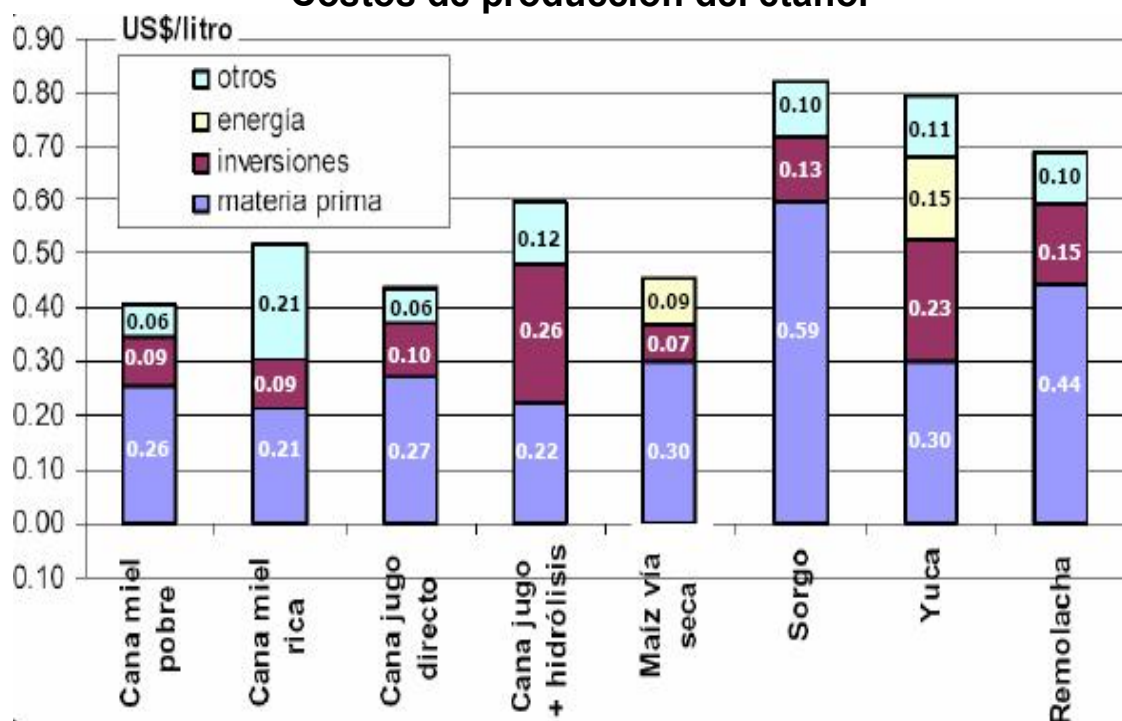
El costo de producción del etanol tiene un cierto grado de incertidumbre pues está incluido en el costo de producción de azúcar en los ingenios o de maíz en los campo de cultivo, además de implicar otros elementos como mieles, combustible utilizado, productos químicos, agua, mano de obra; etc.

Los costos más importantes en la producción de etanol son representados por las materias primas a utilizar, que en el caso del maíz representaría 0.30 dls/litro de etanol, mayor que el de la caña de azúcar que representa menos de 0.25 dls/litro de etanol (Gráfica 7).¹²⁵

¹²⁵ Considerando el entorno internacional se tiene que el precio de la tonelada de la caña de azúcar en México en la zafra 2008-2009 fue de 37 dólares, 28 dólares en EUA y 17 dólares en Brasil. Lo cual evidentemente representa una desventaja competitiva en la eventualidad, aunque remota, de insertarse en el mercado internacional del etanol. Proceso.com.mx. Julio 2009.

[http://www.proceso.com.mx/noticias_articulo.php?articulo=55415]

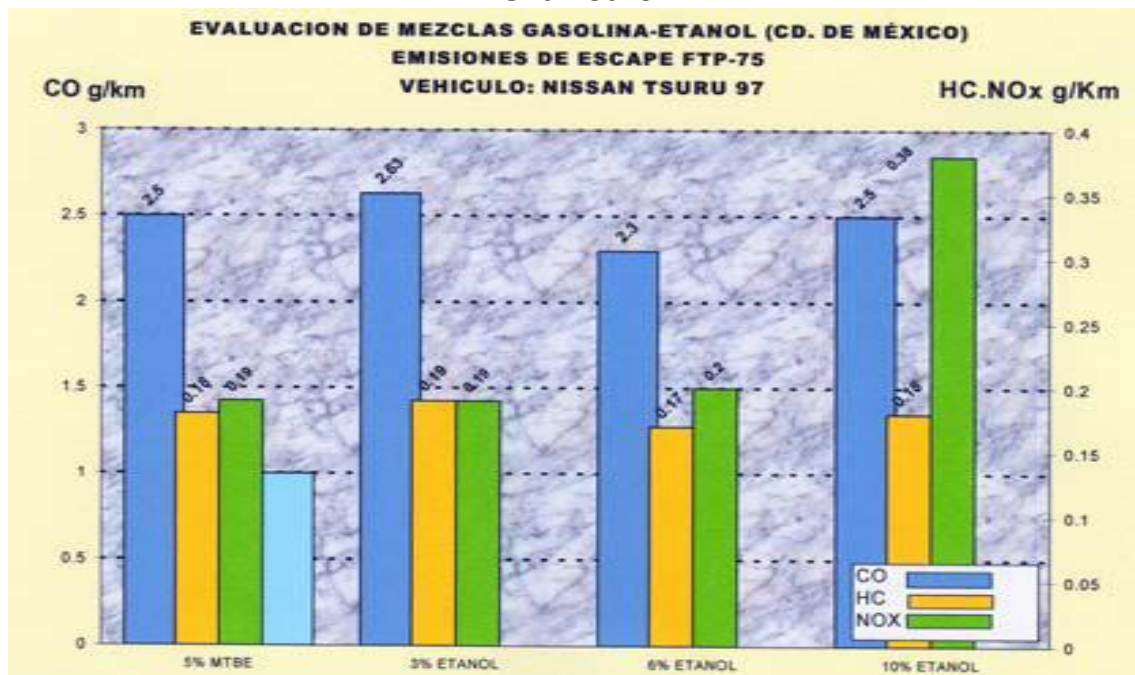
Gráfica 7
Costos de producción del etanol



Fuente: "Potencialidades y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para Transporte en México", noviembre de 2006. SENER-BID-GTZ.

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 2,200 m.s.n.m., se puede observar que los mejores resultados se obtienen bajo la mezcla de 6%, con reducciones significativas en HC y CO (Gráfica 8).

Gráfica 8



Fuente: Ing. Manuel Enríquez Poy. Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros. CONAE. México. Octubre de 2005. [www.conae.gob.mx]

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 bajo 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. Sin embargo no se debe olvidar que México es importador de la mayoría de las materias primas mencionadas con anterioridad, complicando así su producción y utilización. No obstante, el problema más grave de los bioenergéticos es su vinculación con el mercado de granos

básicos alimentarios, pudiendo ocasionar problemas con la seguridad alimentaria. Producir etanol en México, obligaría a incrementar las importaciones de dichas materias primas, sobre todo en el caso del maíz, dado que la producción actual es insuficiente para satisfacer la demanda potencial del país.

Conclusiones

La producción y comercialización de los biocombustibles a nivel mundial se ha convertido en un tema de suma importancia, sobre todo en el mercado de alimentos y en la transformación de la matriz energética de cada país. Es claro que los bioenergéticos son una opción sustentable si se mantiene una producción a escala, y en un futuro se desarrollarán con amplitud, pese a los límites de la investigación que se tiene hoy día, tal como lo demuestra la tendencia ascendente de la producción de bioenergéticos en los últimos años. Dicho comportamiento debe atribuirse a la necesidad internacional de sustituir los combustibles fósiles, cuyos precios se dispararon fuertemente en el transcurso de 2008 y a las sucesivas crisis que se experimentan en dicho campo. El reto es buscar alternativas para generar energía, contrarrestando así la utilización de combustibles fósiles debido a su escasez y sus secuelas al medio ambiente.

La utilización de materias primas como la caña de azúcar, maíz, trigo y soya para producción de bioenergía puede ocasionar desabasto en el mercado de alimentos y se tendría una competencia frente a la seguridad alimentaria. Es por ello que cada país debe diseñar su propia matriz energética de acuerdo a sus recursos y capacidades. Por ejemplo Estados Unidos es líder mundial en producción de maíz y por ello lo utiliza para elaborar etanol. En el caso de México, se pretende incursionar en la bioenergía por la vinculación de excedentes de producción de maíz que se tiene en la región noreste(Sinaloa).

Sin embargo, el encarecimiento de los alimentos agudiza los problemas ya existentes de desnutrición y pobreza en el polo más desprotegido y más numeroso de la población mundial..

En un marco geopolítico se han experimentado conflictos sociales y políticos derivados de la inflación alimentaria y la crisis alimentaria es un resultado del impulso masivo de granos y oleaginosas para la producción de bioenergéticos.

La bioenergía presenta grandes oportunidades para el sector agropecuario pero también existen riesgos en cuanto a la seguridad alimentaria, dichas repercusiones dependerán de la evolución del mercado de bioenergéticos y de los avances tecnológicos y científicos cuyas decisiones tienen que ver con políticas de Estado.

Los bioenergéticos pueden llegar a tener repercusiones directas en la seguridad alimentaria por medio de un alza en los precios de los productos alimenticios, pero tal impacto podría reducirse si la tecnología de segunda generación basada en materias primas lignocelulósicas llegaran a ser viables desde un punto de vista comercial.

Las ventajas de utilizar etanol como combustible es el aumento de octanaje en las gasolinas, por ende, la calidad y eficiencia son superiores y benéficas para el medio ambiente. El etanol al ser biodegradable reduce el dióxido de carbono, impactando positivamente en la salud de las personas y reduciendo también el efecto invernadero.

Más las principales limitantes para producir etanol están dadas, de una parte por la voluntad de los gobiernos en cuanto a implementar políticas que incentiven la producción, comercialización y uso de los bioenergéticos; de otra parte, están las grandes inversiones necesarias para construir una planta industrial de procesamiento que no solo sea redituable en cuanto a ganancias, sino que al mismo tiempo sea benéfica en términos sociales para la humanidad. Y en este aspecto, la limitante de mayor peso es que la producción de etanol se hace con materias primas que también son utilizadas como alimento.

En México, es necesario tomar medidas respecto al declive de la producción y exportación de hidrocarburos, al incremento en los costos de importación de gasolinas, al desequilibrio en la generación energética y el calentamiento global. Se debe mejorar la política de desarrollo agrícola para poder explorar las posibilidades de las materias primas de cada región y su posible

accesibilidad para ser utilizados en la producción de bioenergéticos, teniendo en cuenta los diversos sectores de la cadena productiva y el consumo a nivel nacional.

México debe adoptar un compromiso cada vez mayor para poder incrementar la eficiencia energética, fomentar las fuentes alternativas de energía respetando la seguridad alimentaria e invertir en investigación para mejorar la productividad agrícola y así introducir de manera viable la producción de bioenergéticos, pues los costos de oportunidad son muy altos en términos de los usos alternativos de las tierras cultivables, particularmente en el caso del maíz, que es el alimento básico nacional. En México, de manera tajante, sin maíz no hay país.

APÉNDICE

Cuadro 1

Consumo de petróleo (2003-2012)

Barriles diarios

Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	22,241	23,031	23,099	22,825	22,698	22,626	22,419	22,268	22,222	22,222
Japón	5,416	5,291	5,305	5,159	5,193	5,190	5,126	5,105	5,113	5,139
Europa Occidental	13,864	13,840	13,920	13,908	14,009	14,071	13,955	13,922	13,945	14,041
Economías en transición	4,171	4,285	4,358	4,553	4,658	4,821	4,956	5,060	5,195	5,356
Asia y Australasia (excepto Japón)	16,384	17,740	18,156	18,639	19,665	20,712	21,522	22,422	23,416	24,491
Medio Oriente y África	3,366	3,511	3,688	3,802	4,001	4,234	4,433	4,584	4,938	5,210
América Latina	5,043	5,236	5,340	5,315	5,556	5,804	5,980	6,218	6,492	6,792
Mundo*	70,466	72,933	73,846	74,201	75,782	77,458	78,391	79,679	81,321	83,251

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

Cuadro 2

Consumo de carbón (2003-2012)

Millones de toneladas

Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	1057	1058	1077	1066	1067	1074	1089	1100	1114	1127
Japón	168	184	178	179	183	187	192	197	201	204
Europa Occidental	537	541	529	531	533	532	534	534	534	537
Economías en transición	600	577	582	594	614	635	660	686	710	735
Asia y Australasia (excepto Japón)	2453	2767	3036	3299	3525	3969	4364	4736	5115	5519
Medio Oriente y África	182	194	190	190	200	211	229	250	266	284
América Latina	46	46	51	51	54	57	61	65	68	72
Mundo*	5044	5370	5642	5912	6278	6668	7130	7569	8011	8481

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

Cuadro 3
Industria Mundial de Energía (2003-2012)

Consumo	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
de energía										
Equivalente a Kgs de petróleo por persona	1894	1957	1991	2042	2096	2150	2207	2263	2318	2376
total de energía										
Equivalente a millones de toneladas de petróleo	9111	9508	9766	10115	10475	10850	11237	11621	12011	12423
de electricidad										
kwh por persona	2831	2932	3029	3149	3276	3401	3510	3634	3765	3904
total de electricidad										
Billones de kwh	13.6	14.2	14.9	15.6	16.4	17.2	17.9	18.7	19.5	20.4
de carbón										
Millones de toneladas métricas	5045	5370	5643	5912	6278	6668	7131	7570	8011	8481
de gas natural										
Miles de millones de metros cúbicos	2328	2423	2467	2495	2575	2665	2756	2850	2949	3054
de petróleo										
Millones de barriles diarios	70.5	72.9	73.8	74.2	75.8	77.5	78.4	79.7	81.3	83.3

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

Cuadro 4

Consumo de Energía

Millones de toneladas de petróleo equivalente										
Región	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norteamérica	2633	2690	2705	2718	2730	2746	2764	2784	2805	2827
Japón	514	530	527	536	543	550	556	563	569	575
Europa Occidental	1639	1645	1641	1656	1677	1694	1709	1727	1743	1763
Economías en transición	1077	1102	1112	1150	1194	1242	1291	1339	1389	1441
Asia y Australasia (excepto Japón)	2377	2629	2830	3052	3273	3499	3732	3952	4176	4412
Medio Oriente y África	528	548	574	604	637	669	704	741	779	820
América Latina	343	365	378	400	422	450	481	516	550	586
Mundo*	9111	9508	9766	10115	10475	10850	11237	11621	12011	12423

Fuente: The Economist Intelligence Unit, 2008. [<http://www.eiu.com>]

* 60 países cubiertos por los servicios industriales de Economist Intelligence Unit

ANEXO

La República Mexicana tiene una superficie aproximadamente 2 millones de km² 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, distribuido en áreas de todo el país (Cuadro 9).

Cuadro 9
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: Sagarpa

El agua disponible anualmente, alcanza unos 472km³, contando con una capacidad de 180 km³ de almacenamiento. En este contexto las regiones de buena lluvia para propósitos agrícolas se encuentran en Tabasco, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Morelos, Chiapas, Colima, Campeche; mientras las regiones en donde la agricultura solo prospera por medio del riego son Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro y Puebla. Para los seis millones de hectáreas de riego se utilizan 54 Km³ de agua por año, donde el 66% proviene de aguas superficiales y 34% de las subterráneas.¹²⁶

¹²⁶ Comisión Nacional del Agua. [<http://www.conagua.gob.mx>]

Bibliografía

- Agencia de Noticias Xinhua de China. "China sustituirá cuarta parte de petróleo refinado con biocombustibles líquidos". *Patrimonio cultural y natural de China*. China, 2007.
- Agencia Internacional de Energía y Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Revista *Perspectivas Energéticas Mundiales*. World Energy Outlook. París, Francia. 2006.
- Aguilar González, José Luis. "Combustibles alternos, opciones para México". Revista *Energía a Debate*, año 4, No. 20. México, 2007.
- Alba Tapia, Erika, et al. "Perspectivas del uso de maíz para la producción de bioetanol". Revista *Claridades Agropecuarias*, No.164, Sagarpa. México, abril de 2007.
- Algañaraz, Julio. "Biocombustibles: la discusión copó la cumbre de los alimentos". Diario *el Clarín*. México, 2008.
- Asociación de Maíz Argentino. "La industria latinoamericana del etanol atrae inversiones". Revista *América Economía*. Argentina, Junio de 2007.
- Asociación Mundial de la Bioenergía. *Análisis del estado actual del desarrollo de la bioenergía en el G8 + 5 países*. XX Congreso Mundial de la Energía. Roma, Italia. 2007.
- Berg, Christoph. *Informe sobre producción anual de etanol*. World Fuel Analysis and Outlook. Kent, United Kingdom, 2004.
- Cadena Agroindustrial – Etanol. *Análisis de estudios de cadena de etanol*. Nicaragua, 2004.
- Castillo, A. O. *Producción de alcohol en el sector azucarero nacional*. Central Azucarera Tempisque S.A.. Costa Rica, 2004.
- CEPAL – FAO. *Evaluación de la Situación de la Seguridad Alimentaria Mundial*. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma, Italia, 2007.
- CEPAL – FAO. *Oportunidades y riesgos del uso de la bioenergía para la Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe*. Roma, Italia, 2007.
- CEPAL. *Panorama Social de América Latina 2006*. CEPAL. México, 2006.
- CEPAL. *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Latina y el Caribe*. CEPAL. México, 2006.
- CEPAL. *Propuesta para una estrategia sustentable del sub-sector de hidrocarburos en América Latina*. Unidad de Energía. México, 2003.
- Cocimano, Gabriel. "Biocombustibles: una encrucijada latinoamericana". Periódico *La Jornada Semanal*, No.54. México, 2007.
- Cook, J. y Beyea, J. "Bioenergía en los Estados Unidos: Progreso y Posibilidades". Revista *Biomasa y Bioenergía*, No. 18. Argentina, 2000.
- Coordinación General de Comunicación Social. *La producción de etanol, proceso de modernización de la industria agropecuaria del país*. Boletines Sagarpa, No. 257. México, 2006.
- Coviello, Manlio y Almonte, Hugo. *Sostenibilidad Energética en América Latina y el Caribe: El aporte de las fuentes renovables*. CEPAL y GTZ. Conferencia Regional para América Latina y el Caribe. Brasilia, Brasil, 2003.
- Cruz Zamorano, Alma Rosa. "Biotecnología: retos y oportunidades para los países en desarrollo". Revista *Comercio Exterior*, vol. 53, No.5. México, 2003.
- Dallo Melina, Gabriela. *Celdas de combustible*. Universidad de Flores. Buenos Aires, Argentina, 2007.
- Denruyter, J. y Earley, J. *Bioenergía Sustentable*. Conferencia sobre sustentabilidad crítica para bioenergéticos. FAO and the German NGO Forum. Alemania, 2006.

- Dermot J. Hayes. "Los Biocombustibles y sus efectos en el Sector Agropecuario estadounidense", Universidad de Iowa. Revista *Claridades Agropecuarias*, No. 169, Sagarpa. México, 2007.
- Díaz, M.; Veras, M.; Cáceres, R. *Experiencia y Perspectivas en América Latina sobre Alcohol Carburante*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. GEPLACEA - OLADE. Brasilia, Brasil, 1984.
- Dien B.S.; Cotta M. A. y Jeffries T. W. "Ingeniería bacterial para la producción del combustible etanol". Revista *Appl Microbiol Biotechnol*. USA, 2003.
- Dr. Graboski Michael S. *Los límites de la biomasa como energía*. Public Policy, National Corn Growers Association. Colorado School of Mines, USA, 2002.
- Dr. Prost, Oliver. *Experiencias y perspectivas de la producción de biodiesel en México*. Tecnológico de México, Campus México. Red Mexicana de Bioenergía. Evento Agronegocios en un Nuevo Ambiente Global. Oportunidades y Retos. México, 2007.
- Esther Arzate. "Difícil, que Pemex pueda solo avanzar en aguas profundas". Periódico *El Financiero*. México, 6 de mayo de 2008.
- Esther Arzate. "Riesgo de desabasto de gasolina en la frontera". Periódico *El Financiero*, México, 21 de mayo de 2008.
- European Commission. *Ambitious target agreed to reduce global warming*. Commission of the European Community. Brussels, Belgian, 2007.
- European Commission. *An EU Strategy for Biofuels: Impact assessment*. Commission of the European Community. Brussels, Belgian, 2006.
- Global Agriculture Information Network (GAIN). *Biocombustibles, la alternativa futura para la agricultura*. USDA Foreign Agricultural Service. USA, 2006.
- Godoy, Emilio. "PND 2007-2012 ¿la energía a segundo plano?". Revista *El mundo del Petróleo*. México, agosto / septiembre de 2007.
- Grupo Energía Alternativa. *Hidrógeno como combustible*. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 2007.
- H. T. Odum, et. al. *Combustibles y Electricidad. Curso de ecosistemas y políticas públicas*. Universidad de Florida. Gainesville, USA. 2001.
- Ing. Gustavo Casal. *Biocombustibles en el Paraguay*. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones; Ministerio de Industria y Comercio; Ministerio de Agricultura y Ganadería. Seminario Internacional de Biocombustibles. República del Paraguay, 2006
- Ing. Manuel Enríquez Poy. *Producción de etanol anhidro en ingenios azucareros*. CONAE. México, 2005.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. *Abengoa invertirá US\$250 millones en etanol de mandioca*. Agroenergía en IICA. Argentina, 2007.
- Iturribarria Andrade, Eduardo. "Etanol ¿algo más que una moda?". Revista *Energía a Debate*, año 4, tomo IV, No. 20. México, 2007.
- Kröger, Álvaro. *Informe sobre el desarrollo del mercado de biocombustibles en la Unión Europea*. Biocombustibles.es. España, 2007.
- LIC. Gustavo A. Vergagni. *La industria del etanol a partir del maíz*. Asociación Maíz Argentino (MAIZAR). Buenos Aires, Argentina, 2004.
- López, Alma. "Destilmex iniciará en mayo pruebas para producir etanol". Periódico *El Financiero*, México, 18 de abril de 2008.
- Macedo, I.C. y L.A. Horta Nogueira. *Biocombustíveis, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República*. Departamento de energía. Brasilia, Brasil. 2005.
- Maserà Cerutti, Omar, et, al. *Potenciales y Viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para transporte en México*. SENER-BID-GTZ. México, 2006.
- Megumi Yamanaka y Shigeru Sato. *Gobierno japonés fomentará uso de biocombustibles*. IPC Digital. Japón, 2007.

- Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible. *Principios y criterios de la RSPO para la producción del aceite de palma sostenible*. Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). Indonesia, 2005.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. *Recopilación de información sobre caña de azúcar. Zafra 2006-2007*. Dirección General de Economía Agropecuaria. México. 2007.
- MNP and GLOBIO Consortium. *La vida del planeta tierra y su cruce de caminos - Explorando las metas para el 2010 sobre biodiversidad*. UNEP-WCMC and UNEP / GRID-Arendal. Nairobi, Kenya, 2006.
- Modi, V.; McDade, S.; Lallement, D. y Saghir J. *Servicios energéticos en pro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Proyecto del Milenio de las Naciones Unidas y Banco Mundial. USA, 2006.
- Molina Durán, Enrique. *Estudio Sobre el Manejo Convencional y Agroecológico del Cultivo de la Caña de Azúcar*. Medellín, Colombia, 2007
- Moreira, N. "Especulaciones cultivables - La nueva tecnología para combustibles y la cosecha tradicional". Revista *Science News*, No. 168. USA, 2005.
- Murray, Danielle. *El potencial del etanol: mirando más allá del maíz*. Artículo publicado en Terra.org, Julio de 2005.
- Nogueira, Horta y Augusto, Luiz. *Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central - Proyecto Uso Sustentable de Hidrocarburos*. CEPAL / ONU en convenio con la República Federal de Alemania. Alemania, 2004.
- Núñez Luna, Marina. "Zucarmex y Mexstarch formalizaron con Sagarpa construcción de plantas de etanol". Revista *Avicultura*. México, 21 de mayo de 2008.
- Oliva, Ángel. "Los años en que vivimos en riesgo". Revista *El mundo del Petróleo*, año 4, tomo 23. México, 2007.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Presentación de la Plataforma Internacional de Energía*. Roma, Italia, 2006.
- Palm, C. Woomer; P. Alegre, J. *Reporte final sobre el cambio climático. Fase II: Secuestro del Carbono y las emisiones de gas con los combustibles alternativos y el uso de bosques tropicales*. ASB Reporte de Trabajo en Grupo. Nairobi, Kenya. 2000.
- Parlamento Europeo y del Consejo. *Relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte*. Directiva 2003/30/CE DO L 123. Unión Europea, 2003.
- Parsons Sara. "Malasia: El incremento del uso de biocombustibles. Junta de Malaya de la Palma Aceitera". Boletín mensual *Movimiento Mundial por los Bosques*, No. 112. Uruguay, 2006.
- Perlack, R.D.; Ranney, J. W. y Wright, L. *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. USA, 1992.
- Petersan, Donis N. *The Husker Ag Ethanol Plant at Plainview*. Economic Development Department Nebraska Columbus. Nebraska, USA, 2003.
- Pfaumann Peter. *Biocombustibles ¿la fórmula mágica para las economías rurales de América Latina y el Caribe?*. Banco Interamericano de Desarrollo. Departamento Sostenible Unidad de Desarrollo Rural. USA, 2006.
- Plan Nacional de Agroenergía 2006-2011. República Federativa de Brasil. 2005.
- Prakash, A. *Granos para alimento y combustible. ¿A que precio?*. Borrador presentado en la reunión de la FAO. Roma, Italia, 2007.
- Prakash, C. *Use of Higher than 10 volume percent Ethanol/Gasoline Blends In Gasoline Powered Vehicles*. Transportation Systems Branch/Air Pollution Prevention Directorate/Environment. Canadá, 1998.
- Prospectiva de Petrolíferos 2006-2015. SENER. México. 2006

- Reglas de operación del Programa de Riesgo Compartido para el Fomento de Agronegocios. FOMAGRO, 2005.
- SAGARPA y FIRCO. "Aprovechamiento de la energía solar térmica en el sector agropecuario". Revista *Claridades Agropecuarias*, Sagarpa, No. 170. México, 2007.
- Sánchez Acuña, Laura. "Predecir lo indeseable". Revista *El mundo del Petróleo*, año 4, tomo 23. México, 2007.
- Smeets, E.; Faaij, A. y Lewandowski, I. *Un rápido vistazo a la bioenergía global y su potencial hacia el 2050 - Un análisis de las regiones prometedoras para reducir las exportaciones en relación a los combustibles fósiles*. Proyecto de estudio en el Instituto Copernicus de Holanda. Fair Biotrade. Holanda. 2004.
- Stern, N. *La economía del cambio climático*. Universidad de Cambridge. Cambridge, U. K., 2006.
- Teorema Ambiental. "Sinaloa: construyen la segunda planta de etanol en el estado" . Revista *Teorema Ambiental*, No. 68. México, 2008.
- UNCTAD. *Biocombustibles en los países en desarrollo: Oportunidades para diversificar el desarrollo rural y las exportaciones*. UNCTAD. Génova, Suiza, 2006.
- UNCTAD. *Biocombustibles: Ventajas y obstáculos al comercio*. UNCTAD. Génova, Suiza, 2005.
- UNCTAD. *El incipiente mercado de los biocombustibles: Repercusiones en la regulación, el comercio y el desarrollo*. UNCTAD. Génova, Suiza, 2006.
- Universidad Tecnológica Metropolitana. *Uso de gas licuado como combustible de automóviles*. México, 2007.
- Urbanchuck, John M. *An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels*. AUS Consultants. USA, 2001.
- Vargas Suárez, Rocío; Dávalos López, Juan José. "La diplomacia del etanol". Revista *Energía A Debate*, año 4, tomo IV, No. 20. México, 2007.
- Westcott, Paul C. "La expansión del etanol en Estados Unidos: ¿Cómo se ajustará el Sector Agrícola?". Revista *Claridades Agropecuarias*, Sagarpa, No. 169. México, 2007.
- Yinbo Q., et al. "Estudios en la producción de etanol y la celulosa para suministrar el combustible en China". Revista *Appl Microbiol Biotechnol*. USA, 2006.

Fuentes de Internet

- Anuario Estadístico 2007, PEMEX. México. Disponible en: <http://www.pemex.com> [con acceso el 8 de mayo de 2008]
- Asohuevo. *Estiman ligero aumento en producción mundial de maíz respecto a mes pasado*. Abril 2009. [<http://www.asohuevo.cl/asociados/noticias/noticia.php?id=156>]
- Biocombustibles.es. 2007. Bioetanol. España. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.biocombustibles.es/bioetanol/> [con acceso el 20 de enero de 2008]
- CEPAL. Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2007. México. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.eclac.org> [con acceso el 23 de mayo de 2008]
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. *Ingresos petroleros 2001-2008 y el régimen fiscal de PEMEX*. Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Diciembre 2007 [<http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0982007.pdf>].
- CIEMAT, Suplemento electrónico. 2007. Biocombustibles. España. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.energiasrenovables.ciemat.es> [con acceso el 22 de noviembre de 2007]
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. *Ingresos petroleros 2001-2008 y el régimen fiscal de PEMEX*. Cámara de Diputados. H. Congreso de la Unión. Diciembre 2007 [<http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0982007.pdf>].
- Comisión de transportes. *Dictamen de la comisión de transportes...* Cámara de Diputados. 2008

- [http://archivos.diputados.gob.mx/Comisiones/Ordinarias/Transportes/Iniciativas/15_ProyectoDictamen_IN_FQMP.pdf]
- Comisión Nacional de Energía Atómica. *Biocombustibles en Argentina*. 25 de octubre de 2006.
 - Convenio sobre la diversidad biológica. *Problemáticas nuevas e incipientes en relación con la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica*. Abril, 2007. [<http://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-12/official/sbstta-12-09-es.doc>]
 - Department of Energy. 2005. Biofuels of transports. USA. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.doe.gov> [con acceso el 10 de enero de 2008]
 - Diario de Agroinformación. 2006. Noticias sobre agrocombustibles. España. [Web en línea]. Disponible en: <http://agroinformacion.com> [con acceso el 15 de enero de 2008]
 - Dr. Prost, Oliver. *Experiencias y perspectivas de la producción de biodiesel en México*. Tecnológico de México, Campus México. Red Mexicana de Bioenergía. Evento Agronegocios en un Nuevo Ambiente Global. Oportunidades y Retos. 19 de abril de 2007. [<http://homepages.mty.itesm.mx/oprobst/>]
 - *El Heraldo*. "Producción mundial de etanol crecerá casi 200%". Periódico, 9 de julio de 2008. [<http://www.elheraldo.hn/Econom%C3%ADa/Ediciones/2008/11/19/Noticias/Produccion-mundial-de-etanol-crecera-casi-200>]
 - *El mundo HOY*, mayo de 2009. [<http://weltmx.blogspot.com/2009/05/caen-60-los-ingresos-petroleros-de.html>]
 - El Universal. *Bioenergía, esencial en el desarrollo de México*. Abril 2009 [<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/426393.bioenergia-esencial-en-el-desarrollo-de-mexic.html>]
 - FAOSTAT. 2007. electronic database. USA. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.faostat.fao.org> [con acceso el 22 de marzo de 2008]
 - Fundación Económica para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). 2007. Informe sobre Gas Natural. España. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.fecyt.es> [con acceso el 11 de febrero de 2007]
 - Gerardo Honty. *Agrocombustibles y sustentabilidad en América Latina. Proyecto*. Ponencia presentada en el IV Congreso Regional de Ingeniería Química, Montevideo, Uruguay, 5 al 7 de junio de 2008 [<http://agrocombustibles.org/conceptos/HontyAgrocombSustPonencia08.pdf>]
 - Grupo Pramac. 2007. Informe sobre generadores eléctricos. España. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.gebravo.com> [con acceso el 11 de febrero de 2007]
 - Informador Redacción. *En 2009 Jalisco tendrá la planta de etanol, sostiene Alberto Cárdenas*. Agosto 2009. [<http://www2.informador.com.mx/jalisco/2008/33527/6/en-2009-jalisco-tendra-la-planta-de-etanol-sostiene-alberto-cardenas.htm>]
 - López, Alma. "Destilmex iniciará en mayo pruebas para producir etanol". Periódico *El Financiero*, 18 de abril de 2008, pág. 23.
 - Marta Sananes. Formas de propiedad privada o colectiva. [Foroprofesoral] Diciembre 2005
 - Ministro del Poder Popular para la Energía y el petróleo. 2007. Plan Alternativo de Producción. PDVSA. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.aporrea.org/energia> [con acceso el 23 de febrero de 2008]
 - Noticia. *Encuentro "no oficial entre Lula y Kirchner para discutir la agenda regional"*. 27 de Abril de 2007 [http://www.adnmundo.com/contenidos/comercio/lula_visita_kirchner_270407.html]
 - Núñez Luna, Marina. "Zucarmex y Mexstarch formalizaron con Sagarpa construcción de plantas de etanol". Noticias de *Avicultura*. 21 de mayo de 2008. [<http://www.Avicultura.com.mx>]

- Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Perspectivas de Cosechas e precios de los alimentos. Abril 2009 [<http://www.rlc.fao.org/es/temas/precios/locales.htm>]
- OSACTT. 2007. La diversidad biológica y la producción de biocarburantes líquidos. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.cbd.int> [con acceso el 15 de marzo de 2008]
- Petróleo Mexicano. 2006. Gas Licuado. México. [Web en línea]. Disponible en: <http://petroleomexico.com> [con acceso el 8 de mayo de 2008]
- Posted 03/03/2009. "Mexicana PEMEX ve importaciones gasolina estables en 2009". Periódico *International Business Times*. 7 de julio de 2009. [<http://www.ibtimes.com.mx/articles/20090303/pemex-gasolina-precios-eacute-xico-barril-petrolera.htm>]
- Profeco. *Informa Profeco los precios de gas LP, vigentes a partir de hoy y hasta el 31 de diciembre de 2009*. Comunicados a medios 003. Enero 2009 [<http://www.profeco.gob.mx/prensa/prensa09/enero09/bol03.pdf>]
- Reporte del Observatorio. *Biocombustibles en Argentina..* Febrero de 2007. [http://www.webpicking.com/info/fpt/nwl51_noticias2.doc].
- Reuters. *Cantarell, en cuenta regresiva* .Economista.com.mx. Junio 2009 [<http://eleconomista.com.mx/notas-online/negocios/2009/06/16/cantarell-cuenta-regresiva>]
- Reuters. Baja producción de crudo en México: PEMEX. *La Jornada en línea*. Junio de 2009 [<http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2009/06/19/baja-produccion-de-crudo-en-mexico-pemex>]
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. *Programa Nacional de Biocombustibles*. Argentina. Febrero de 2005.
- SDP Noticias.com. *Advierten déficit en producción de maíz en México*. Mayo 2009. [<http://sdpnoticias.com/sdp/contenido/2009/05/16/399923>]
- Secretaria de Agricultura y Ganadería. *Comunicado 248. Zafra 2008-2009*. Dirección General de Economía Agropecuaria. México. 31 diciembre de 2008.
- Secretaría de Energía. *Comunicado 066/2009*. Enero de 2009 [<http://www.presidencia.gob.mx/prensa/sener/?contenido=43304&imprimir=true>]
- Textos Científicos. 2007. Metanol como combustible. [Web en línea]. Disponible en: <http://www.textoscientificos.com> [con acceso el 8 de mayo de 2008]
- World Oil Outlook 2007. Organización de Países Exportadores de Petróleo. [<http://www.opec.org>]
- World Oil Outlook 2007. Organización de Países Exportadores de Petróleo. Disponible en: <http://www.opec.org> [con acceso el 10 de marzo de 2008]