

SENER



“Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México”



SECRETARÍA
DE ENERGÍA

gtz



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO



Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México

(Proyectos ME-T1007 – ATN/DO-9375-ME y
PN 04.2148.7-001.00)

Noviembre 2006

Noviembre 2006

Realizado por:

Omar Masera Cerutti (Coordinador de los Consultores), Nicolás Rodríguez Martínez (Etanol y Biodiesel), Ignacio Lazcano Martínez (Etanol y Biodiesel), Luiz Augusto Horta Nogueira (Etanol), Isaias C. Macedo (Etanol), Sergio C. Trindade (Etanol y Coordinador de los Consultores Internacionales de Etanol), Daniela Thrän (Biodiesel), Oliver Probst (Biodiesel), Michael Weber (Biodiesel), Franziska Müller-Langer (Biodiesel)

Solicitado por:

Secretaría de Energía (SENER), Subsecretaría de Planeación Energético y Desarrollo Tecnológico, Dirección General de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Medio Ambiente

Financiado por:

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ME-T1007 – ATN/DO-9375-ME, y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH – Cooperación técnica alemana, PN 04.2148.7-001.00

Sener/ BID/ GTZ (Edit.): Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, México, D.F., México, Noviembre 2006

ISBN 970-9983-14-8

Este documento ha sido preparado a solicitud de la Secretaría de Energía (Sener), por encargo y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH (cooperación técnica alemana), y fue elaborado por consultores externos. Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente representan la opinión de Sener, BID y GTZ. Se autoriza la reproducción parcial o total, siempre y cuando se cite la fuente de referencia.

SENER- Secretaría de Energía

Dirección General de
Investigación, Desarrollo
Tecnológico y Medio Ambiente
Av. Insurgentes Sur 890, 3° piso
Col. Del Valle 03100
México, D.F.
Tel. +52-55-5000 6000 ext. 1023
Fax. +52-55-5000 6223
www.energia.gob.mx

**Inter-American Development
Bank**

Av. Horacio 1855, piso 6
Los Morales-Polanco
11510 México, D.F.
Tel: + 52-55-91386200
www.iadb.org

**Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit
(GTZ) GmbH
Cooperación técnica alemana**

Promoción de Energías Renovables
Dr. Bernhard Boesl
Lic. André Eckermann
Edificio Secretaría de Energía
Insurgentes Sur 890, 9° piso
Colonia Del Valle
03100 México, D.F., México
Tel. +52-55-5000 6000 ext. 1088
Fax. +52-55-5000 6000 ext. 2160
E-mail: bernhard.boesl@gtz.de,
andre.eckermann@gtz.de
www.gtz.de/mexico

- Resumen Ejecutivo -

1.1 Introducción

Este reporte contiene el resumen ejecutivo de un estudio exhaustivo sobre las posibilidades del bioetanol y el biodiesel como combustibles para el transporte en México. El estudio fue coordinado por la Secretaría de Energía de México (SENER) y patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo (Proyecto ME-T1007 – ATN/DO-9375-ME) y la GTZ (Cooperación Técnica Alemana) (Proyecto PN 04.2148.7-001.00) por encargo del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ). Para la realización de las diferentes actividades de este estudio se contrató un grupo de consultores mexicanos e internacionales.¹

El grupo de consultores técnicos trabajó en estrecho contacto con un Comité Consultivo constituido para este estudio. Dicho Comité estuvo formado por representantes de distintos sectores económicos y sociales relacionados con los biocombustibles (campesinos cañeros y de otro tipo, industria automotriz, Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera-CNIAA, Cámara Nacional de la Industria de Transformación-CANACINTRA, Petróleos Mexicanos-PEMEX, Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT, Secretaría de Economía, Secretaría de Energía-SENER, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-SAGARPA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México-FIRA, Red Mexicana de Bioenergía-REMBIO, Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas, Universidades y otros). Durante el estudio se tuvieron tres reuniones de trabajo que permitieron orientar y retroalimentar el trabajo de los consultores para adecuarlo a las prioridades y características de México.

A continuación se presentan los principales resultados del estudio para cada uno de los combustibles analizados: bioetanol y biodiesel. Aunque existen aspectos comunes a estos combustibles, la problemática y las opciones tecnológicas y de política son muy específicas a cada uno de ellos, lo que amerita un análisis individual. Los informes detallados de cada una de estas actividades tanto para etanol como para biodiesel se encuentran en el documento final del proyecto (“Reporte final”).

1.2 Bioetanol

Existe una oportunidad importante para que México emprenda la producción de etanol a gran escala, si bien deben superarse varios retos que se analizan con detalle en el informe.

Para la conversión a etanol fueron considerados como insumos: caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera, con las tecnologías maduras existentes y, en el caso de la caña de azúcar, se analizó la producción de etanol a partir del bagazo, cuya tecnología se encuentra

¹ Omar Masera Cerutti (Coordinador de los Consultores, omasera@oikos.unam.mx), Nicolás Rodríguez Martínez (Etanol y Biodiesel, nrmartin@www.imp.mx), Ignacio Lazcano Martínez (Etanol y Biodiesel, ilazcano29@yahoo.com.mx), Luiz Augusto Horta Nogueira (Etanol, horta@unifei.edu.br), Isaias C. Macedo (Etanol, isaiasmacedo22@terra.com.br), Sergio C. Trindade (Etanol y Coordinador de los Consultores Internacionales de Etanol, strindade@msn.com), Daniela Thrän (Biodiesel, Daniela.Thraen@ie-leipzig.de), Oliver Probst (Biodiesel, oprobst@itesm.mx), Michael Weber (Biodiesel, Michael.Weber@ie-leipzig.de), Franziska Müller-Langer (Biodiesel, Franziska.Mueller-Langer@ie-leipzig.de)

en desarrollo. Con base en criterios de selección como: disponibilidad de una tecnología madura, costos, necesidades de inversión, superficie requerida, índice de energía neta y emisiones y mitigación de gases de efecto invernadero se seleccionó a la caña de azúcar como el cultivo más promisorio de inmediato, que puede ser complementada por otros cultivos a mediano y largo plazo.

El análisis económico mostró que con los insumos valorados a precio de costo actuales y tres precios de venta de etanol, representativos del mercado reciente de etanol combustible, todos en US\$/m³: 450, 550 y 650. Considerando el precio de etanol en US\$ 0.45 el resultado económico neto sería negativo para todos los casos / considerando precios de etanol de US\$ 0.55 a US\$ 0.65 el resultado sería positivo para caña de azúcar y maíz./ 1. El costo de la materia prima es el elemento más importante de los costos de producción. De acuerdo con los datos del Annual Energy Outlook 2006 de la agencia de la información de la energía, el precio de mercado de etanol es de US\$ 1.17 por litro para el 2006. Actualmente la fabricación de etanol en México para combustibles es marginal. Sería posible, dentro de ciertos límites, tener un programa de etanol combustible exitoso en México. Para eso, sería necesario una disminución del costo de materia prima con el aumento de la escala productiva y precios de etanol en la franja superior del rango mencionado. El precio del etanol combustible tiende a vincularse al precio de gasolina, cuya tendencia futura es creciente, augurando así una expectativa positiva de viabilidad.

Basado en la experiencia internacional, un programa de etanol como combustible puede ser ideado como parte de una transición hacia sistemas de transporte sustentables. No se espera que el combustible etanol desplace completamente a la gasolina del mercado en ningún momento. Por el contrario, el etanol puede alargar los recursos petrolíferos logrando una moderada cuota de mercado y ahorrando gasolina para el futuro. En este estudio se recomienda un programa de introducción gradual del etanol con tres fases o escenarios. En la primera fase (2007-2012) se tendría como meta producir 411.9 miles de m³ de etanol el cual se obtendría principalmente de mieles de caña de azúcar y se dirigiría a reemplazar al metanol en los éteres producidos en el mercado nacional (MTBE y TAME) para fabricar ETBE. El etanol como componente del ETBE fabricado en México correspondería a una penetración del 5.7% en volumen de un porcentaje de las gasolinas suministradas a las Zonas Metropolitanas.

Para 2012, y sobre la base de etanol de jugo de caña de azúcar de cultivo de temporal en pastizales y tierras marginales, así como en proyectos de etanol que podrían desarrollarse a partir de otros insumos, podría tener lugar la sustitución del 5.7% de todas las gasolinas de las áreas metropolitanas, correspondiendo a una demanda de 1,110.6 miles de m³. De 2012 en adelante, y sobre la base de caña de azúcar y otros posibles insumos, como el cultivo múltiple anual sorgo dulce o maíz, el 10% de todas las gasolinas en México podría ser reemplazado por etanol, correspondiendo a una producción de 4,406.3 miles de m³. En todos estos desarrollos podría haber oportunidades para la exportación e importación de etanol, directamente o como ETBE.

Suponiendo que el jugo de caña de azúcar sea el insumo dominante, alcanzando una mezcla de etanol en todo México del 10%, el número actual de empleos en la industria se doblaría y se crearían unos 400 mil nuevos puestos de trabajo. El área necesaria alcanzaría alrededor de 800 mil hectáreas, más del doble de la superficie de cultivo actual de caña de azúcar en México. Los requerimientos de tierra podrían cumplirse aparentemente sin comprometer la producción

de alimentos. Para lograr estas metas se requeriría una inversión de alrededor de US\$ 160 millones en los próximos años y a más largo plazo una inversión en 45 destilerías independientes de jugo de caña supondría US\$ 2.25 miles de millones distribuidos a lo largo de varios años y más allá de 2012.

México se beneficiaría de la introducción del etanol como combustible de muchas formas: creación de empleo, desarrollo de la economía rural, ampliación de las infraestructuras sociales en zonas rurales, mejora de la seguridad energética, conservación de los recursos petrolíferos, mejor gestión del agua, expansión de la agricultura a tierras más secas cosechando cultivos resilientes, como cultivos anuales múltiples como el sorgo dulce, ahorro en los intercambios exteriores, motivación de la comunidad científica y tecnológica, incentivos a la industria de bienes de producción, mejora del medio ambiente local y global. El equipamiento para la fabricación de etanol y la generación combinada de calor y electricidad, en el caso del bagazo de caña, podrían tener un índice de nacionalización de casi el 100% en México, creando empleos de calidad y fortaleciendo la industria.

La reducción de las importaciones de gasolina y MTBE para el escenario en que todas las gasolinas en México fueran mezclas del 10% de etanol supondría un ahorro en la balanza de pagos de hasta US\$ 2.0 mil millones. La venta de bonos de carbono a través de proyectos MDL podría potencialmente añadirse a este beneficio. Para el escenario de mayor penetración de etanol se espera una mitigación de 10.6 millones t CO₂ eq/año con base en una producción a partir de caña de azúcar.

El éxito en el lanzamiento del programa de etanol dependerá en gran medida de un programa de inspección y mantenimiento de las estaciones de venta o gasolineras diseñado cuidadosamente e implementado de manera experta, en especial los tanques subterráneos de almacenamiento, y de los vehículos, en particular aquéllos fabricados antes de 1986. PEMEX y la industria automotriz mexicana tendrían un papel importante que jugar aquí.

La estructura de la producción de etanol en México en el futuro podría tener diferentes vías. Posiblemente coexistirán dos sistemas. Uno sería similar a la situación actual, esto es: un gran número de propietarios de tierra, superficies pequeñas, algunas organizadas en cooperativas. El otro sistema se basaría en participaciones mucho mayores. Estructuras apropiadas (para ambos sistemas) conllevarán diferencias en la creación de empleos. Si se da prioridad a la expansión a gran escala de la caña en pastizales y tierras marginales, tendrá lugar un desarrollo regional en nuevas zonas, creando empleos y promoviendo infraestructuras sociales donde antes apenas existían.

La revisión creativa del pacto social existente entre productores de caña e ingenios podría ofrecer una oportunidad a mantener por los beneficiarios actuales y para ampliar los beneficios sociales de los trabajadores rurales que no los disfrutaban en el presente. Es una tarea que requiere ingenio y creatividad, pero a no ser que haya avances en esta área, el costo del etanol en México podría ser demasiado alto² para los implicados a fin de lograr un consenso hacia un programa de etanol como combustible en el país. La experiencia brasileña de integración de

² Los precios de exportación del azúcar están por debajo de los precios nacionales – el llamado precio KARBE pagado por la caña a partir del azúcar recuperable.

intereses de productores e ingenios en un acuerdo negociado libremente, dirigido por modelos técnicos y económicos y supervisados por expertos de ambas partes podría ser de interés para México.

Comprender los fundamentos, oportunidades y barreras, así como las motivaciones de los actores sociales clave en el programa de etanol, contribuirán a construir el consenso que posibilitará la introducción del etanol en el mercado en México, dentro del marco legal creado por las leyes y regulaciones a tal efecto. Los gobiernos son los iniciadores naturales de este proceso transición. La implementación en sí se lleva a cabo a través de una combinación de agentes públicos y privados. Deberían considerarse foros nacionales de actores sociales clave para conseguir un consenso sobre un portafolio de prioridades de acción. Esto puede traducirse en legislación, regulación, financiamiento, presupuestos públicos y privados, asistencia técnica, cooperación técnica, llevando todos estos aspectos a una implementación suave y sin problemas de un programa de etanol.

Todo programa de etanol puesto en marcha en el mundo fue lanzado con el apoyo de incentivos financieros y de todo tipo, inclusive mandatos y los contratos de compra resultantes; impuestos diferenciales del etanol para ser mezclado con gasolina para nivelar los costos del etanol y de la gasolina en la mezcla distribuida a través de la red de venta y otros. Esto tendría como resultado a corto plazo pérdidas para el Erario, que podrían ser compensadas a través de fondos que deberían establecerse en la implementación de la legislación mexicana sobre biocombustibles y energías alternativas.

1.3 Biodiesel

La producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en México en el mediano plazo de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos, de grasas animales y de aceites y grasas recicladas. En este proyecto se estudiaron como insumos para este combustible a la semilla de colza, soya, jatropha, girasol, y cártamo, así como el uso de sebo animal y aceite reciclado. Se analizó la producción de biodiesel en plantas con dedicación exclusiva a este combustible o como anexos a plantas existentes para la extracción de aceites comestibles.

La producción de biodiesel a partir de semilla de colza y soya es técnicamente madura en todo el mundo. El biodiesel producido a partir de jatropha es técnicamente viable aunque no se tiene tanta experiencia a nivel internacional; finalmente el biodiesel de palma tiene el inconveniente de no permitir que los ésteres satisfagan los requerimientos de flujo en frío en las regiones templadas.

El análisis económico muestra que en todos los casos los precios de producción del biodiesel son mayores que el costo de oportunidad del diesel comercializado por PEMEX. En este sentido, la situación en México no es muy diferente de la de otros países, pero es más evidente

dado el bajo costo del diesel de petróleo, el cual cuenta incluso con subsidios especiales dentro del sector agrícola. Los costos de producción del biodiesel tienen un rango de entre \$5.3 a \$12.4 pesos por litro equivalente. Los cultivos más competitivos son la palma, girasol y soya. La jatropha es promisorio pero debe resolverse el problema de posibles toxinas en la glicerina y otros subproductos generados en el proceso. Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel. En muchos casos, como la soya, estos costos dependen en gran medida de la posibilidad de vender los subproductos agrícolas.

Al igual que en el caso del etanol, este estudio sugiere una estrategia gradual de introducción del biodiesel en México. De manera inmediata, la introducción del biodiesel podría basarse sobre todo en el uso de materias primas de bajo costo como aceites y grasas recicladas. En el mediano plazo se requerirán esquemas de incentivos para la introducción del biodiesel de manera masiva a fin de permitir la sustitución de entre el 2% y 5% del diesel de petróleo después del 2012. Para lograr estas metas se necesita un plan de desarrollo del mercado de este combustible que contemple aspectos como: establecer de manera inmediata el marco legal –por ejemplo, una directiva de biodiesel con metas claras, estándares nacionales para este combustible e incentivos a la producción agrícola y comenzar a desarrollar una industria nacional de producción de biodiesel, incluyendo actividades de capacitación y de investigación y desarrollo. Asimismo, se necesita aumentar de manera muy significativa el área de cultivos oleaginosos, puesto que nuestro país no cubre actualmente ni siquiera la demanda de aceites comestibles.

Para llegar a sustituir un 5% del diesel de petróleo en el país será necesario instalar 10 plantas industriales con capacidad de 100.000 t/año cada una o más de 140 plantas pequeñas con capacidad de 5,000 t/año cada una. Para optimizar el suministro de los cultivos agrícolas, y reducir el costo de distribución de biodiesel y sus subproductos, las plantas de producción deben instalarse en las cercanías de refinerías o de las plantas productoras de aceites vegetales. Desde el punto de vista logístico, la mejor opción son plantas integradas de producción de aceites vegetales y biodiesel.

Las inversiones estimadas para llegar al escenario de 5% de biodiesel alcanzan \$3,100 millones de pesos, puesto que cada planta industrial de gran escala tiene un costo unitario de \$311 millones de pesos. Aunque la producción de biodiesel estaría orientada al mercado nacional, el combustible podría también exportarse ocasionalmente a otros mercados como Europa o los Estados Unidos.

Las ventajas de un programa nacional de biodiesel serían muy importantes. Desde el punto de vista ambiental, la sustitución de diesel de petróleo por biodiesel permitiría ahorrar alrededor de 1.7 millones de toneladas de CO₂/año hacia el año 2010 y 7.5 millones de toneladas de CO₂/año hacia el 2014.

Dentro del sector rural, apropiadamente diseñado, un programa de introducción de biodiesel podría presentar un balance ecológico positivo y ayudar al desarrollo de las economías regionales y locales. Para lograr estos objetivos es muy importante que, en las zonas tropicales, los cultivos de biodiesel –ej. Aquéllos basados en aceite de palma- no se establezcan sobre bosques naturales. Asimismo, se debe evitar la competencia por el uso de la tierra para fines de alimentación, o evitar la contaminación por el uso intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas. En este sentido, se debería enfatizar un enfoque agroecológico e

impulsar los cultivos perennes—como la *Jatropha*— que permitan el uso de tierras de temporal y/o marginales y aseguren una mayor cobertura del suelo para control de erosión.

De hecho, un programa nacional de biodiesel debería basarse en un esquema diverso e integrado regionalmente tanto en aspectos de la demanda y procesamiento —utilizando plantas de distintas capacidades— como en la oferta de cultivos. En todos los casos el énfasis de un programa de biodiesel es la creación de valor agregado y empleo en México. Para esto se recomienda que la producción y procesamiento de este combustible se haga con tecnología diseñada y construída localmente. La transferencia de tecnología en áreas específicas es importante, pero debe evitarse la importación directa de las plantas.

Los principales cuellos de botella para la introducción del biodiesel en México están en el sector agrícola. Por esta razón se tiene que establecer un amplio plan de apoyo a la agricultura para lograr el suministro nacional de los insumos. Los estímulos para una economía rural más dinámica deberían incluir los siguientes aspectos:

- Apoyar cultivos oleaginosos a pequeña escala, los cuales aumentan el valor añadido de la agricultura rural y contribuyen a la biodiversidad, debería iniciarse un plan de promoción específico (como ejemplo, el programa brasileño de biodiesel).
- Para algunos cultivos oleaginosos como la *Jatropha* es necesario un mejor conocimiento del cultivo. Asimismo necesitan más tiempo para su establecimiento. Los conocimientos resultantes de estas actividades de investigación tendrán que ser transferidos a la población rural a través de programas educativos.
- La formación de cooperativas especializadas, que permitirían crear sinergias a través de una utilización conjunta de la maquinaria; debería fomentarse el acceso a financiamiento y a asistencia técnica.
- Agencias de financiamiento, como FIRA, podrían crear programas especiales para el biodiesel o su producción a tasas de interés preferenciales.
- Debería fomentarse la integración de la producción de semillas oleaginosas y prensado de semillas/refinado de aceites/producción de biodiesel (siendo económicamente viable) para crear una retención más fuerte de valor añadido en las áreas rurales.

La producción a gran escala de biodiesel en México requiere de un esfuerzo importante en investigación y desarrollo. Las actividades que deberían enfatizarse son, por ejemplo, el establecimiento de investigación agrícola para mejorar la productividad de cultivos energéticos, especialmente para ampliar las variedades de las diferentes especies, y el establecimiento de nuevos sistemas de cultivo. Igualmente debería existir una cooperación con las investigaciones de PEMEX sobre el conocimiento de las opciones de hidrogenación, en especial para el uso de aceite de palma. Otra medida necesaria sería la creación de centros de investigación y desarrollo regional sobre biodiesel/biocombustibles y aportar continuamente fondos. Las industrias privadas deberían ser bienvenidas a participar, pero los fondos básicos deberían ser aportados por el Gobierno para asegurar la disponibilidad de la información relevante de los interesados. Estos fondos de base podrían ser aportados a través de un módico impuesto estatal sobre los biocombustibles. En estos centros deberían llevarse a cabo programas de alcance institucional y de asistencia técnica y parte de este esfuerzo podría ser combinado con los centros existentes de investigación y tecnología agrícola operados por Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México (FIRA).

