

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos

Lic. Pedro Joaquín Coldwell

Secretario de Energía

Lic. Enrique Martínez y Martínez

Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Ing. Juan José Guerra Abud

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Mtro. Ildelfonso Guajardo Villarreal

Secretario de Economía

Dr. Luis Videgaray Caso

Secretario de Hacienda y Crédito Público

Mtro. Emilio Ricardo Lozoya Austin

Director General de Petróleos Mexicanos

Mtro. Leonardo Beltrán Rodríguez

Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Lic. Jesús Alberto Aguilar Padilla

Subsecretario de Agricultura

Dr. Jesús Ignacio Navarro Zermelo

Subsecretario de Industria y Comercio

Dr. Miguel Messmacher Linartas

Subsecretario de Ingresos

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Elaboración y Revisión

Secretaría de Energía

Mtro. Leonardo Beltrán Rodríguez

Subsecretario de Planeación y Transición Energética

Lic. César Contreras Guzmán

Coordinador de Asesores de la Subsecretaría de Planeación y Transición Energética

Lic. Efraín Villanueva Arcos

Director General de Sustentabilidad

Ing. Antonio Perez Rodríguez

Director General Adjunto de Bioenergéticos

Mtra. Mónica Soria Baledón

Directora de Promoción de Bioenergéticos

Lic. Miguel Ángel Serrano Sánchez

Director Normativo de Bioenergéticos

Lic. Edgar Erik Vargas Serrano

Subdirector Normativo de Bioenergéticos

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Ing. Jesús Genaro Arroyo García

Director General de Fibras Naturales y Biocombustibles

Lic. Carlos Rello Lara

Director General del Fideicomiso Fondo de Empresas Expropiadas del Sector Azucarero

Lic. Ana Cecilia Porte Petit Anduaga

Directora de Bioenergéticos y Energías Alternativas

Lic. Samuel Chío del Ángel

Subdirector de Bioenergéticos y Energías Alternativas

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Dr. Daniel Buira Clark

Director General del Centro de Investigación y Capacitación Ambiental

Mtro. Iván Islas Cortés

Director de Economía Ambiental

Secretaría de Economía

Lic. Oliver Ulises Flores Parra Bravo

Director General de Industrias Ligeras

Lic. Martha Lilia Sarmiento Aragón

Directora de Industria Manufacturera Básica

Secretaría de Hacienda y Crédito Público

Dr. Pedro Luna Tovar

Director General de Unidad de Política de Ingresos



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Petróleos Mexicanos

C.P. Carlos Roa Rodríguez

Coordinador de Asesores de la Dirección General

Mtro. Edgar Torres Garrido

Asesor Ejecutivo de la Dirección General

Ing. Peter Brailovsky Signoret

Asesor en Energías Alternativas de la Dirección General

Lic. Guillermo Ruiz Gutiérrez

Subdirector de Planeación, Coordinación y Evaluación de PEMEX Refinación

Ing. Carlos De Regules Ruiz Funes

Subdirector de Planeación Estratégica y Operativa de la Dirección Corporativa de Operaciones

Lic. Omar González Marín

Gerente de Programación y Coordinación Operativa de PEMEX Refinación

Ing. Óscar Silva Rojas

Subgerente de Condiciones de Mercado de PEMEX Refinación

Lic. José Alberto Guajardo Berlanga

Subgerente de Plan Estratégico de la Dirección Corporativa de Operaciones

Lic. Mardonio Mireles Barahona

Coordinador especialista de PEMEX Refinación

Ing. César Hirokazu Hirata Tsutsumi

Coordinador especialista de la Dirección Corporativa de Operaciones

Contenido

Resumen ejecutivo	6
Abreviaturas.....	12
1. Introducción.....	13
2. Contexto mundial	14
2.1 Motivaciones para el desarrollo de los biocombustibles	14
2.2 Principales productores de etanol en el mundo.....	15
3. Contexto nacional	20
3.1 Marco jurídico	20
3.2 La participación de PEMEX.....	21
3.3 Acciones implementadas	22
4. Situación en México	25
4.1 Sector rural.....	25
4.2 Sector energético	31
4.3 Sector ambiental.....	33
5. Introducción de etanol en las gasolinas mexicanas	38
Conclusiones	45
Bibliografía	56



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Resumen ejecutivo

El Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos fue conformado en el seno de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos (CIB) con la finalidad de analizar las opciones de México para ampliar la participación de la bioenergía en la matriz energética y dar cumplimiento a lo establecido en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

El objetivo de este trabajo es presentar un panorama general de la industria del etanol como combustible y la experiencia de México al respecto, así como proponer a la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos un esquema que permita promover el uso de este biocombustible en las gasolinas que comercializa Petróleos Mexicanos a pequeña escala regional, y generar experiencia en su manejo.

Para tal efecto, se describen las políticas implementadas en los países con mayor producción de etanol a nivel mundial, los esfuerzos que México ha realizado para impulsar y promover esta industria, y las condiciones actuales del sector agrícola y de Petróleos Mexicanos. Con base en este diagnóstico, el Grupo de Trabajo propuso la introducción de etanol bajo un esquema regional de prueba de concepto, cuyos resultados permitirán al Ejecutivo Federal evaluar la viabilidad de implementar una política nacional de largo plazo para el uso de etanol como componente de las gasolinas que se consumen en el país.

Los países con mayor producción de etanol son Estados Unidos y Brasil, con un volumen anual de 52.6 y 22.7 miles de millones de litros respectivamente. En ambos casos el desarrollo de la industria es producto de políticas nacionales consistentes en inversión gubernamental directa, el establecimiento de requerimientos legales para el uso del etanol, la implementación de subsidios y de otros incentivos, los cuales se han reducido o eliminado a medida que la industria ha madurado.

La industria del etanol de primera generación en estos dos países ha beneficiado importantemente al sector agrícola y ha fortalecido su soberanía y seguridad energética. No obstante, aún se evalúa la viabilidad de largo plazo de los subsidios, los efectos medioambientales de los cultivos agrícolas con fines energéticos, y los efectos del cambio climático en la producción y el abasto de estos insumos.

La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) establece la obligación de promover el desarrollo de los biocombustibles como un medio para fortalecer la independencia energética del país, contribuir a la protección del medio ambiente, y promover el desarrollo del sector rural. Sin embargo, la LPDB no establece metas obligatorias ni prevé mecanismos financieros para su desarrollo.

Adicionalmente, las condiciones legales que rigen en la actualidad tanto a productores agrícolas como a PEMEX, han obstaculizado el desarrollo de la industria del etanol como biocombustible en México, ya que en 2009 y 2012 se intentaron dos esquemas de compra por parte de la paraestatal sin que ninguno de los dos resultara en la adjudicación exitosa de contratos ni en la utilización de etanol.

Con base en estos antecedentes, se elaboró un análisis que permitiera identificar las áreas de oportunidad para el desarrollo de la industria del etanol como biocombustible en México. A continuación se presentan los principales hallazgos de este trabajo:

1. Cultivos agrícolas para la producción de etanol

Los dos principales cultivos con los que cuenta México para producir etanol son caña de azúcar y sorgo grano. En el caso de la caña hay 6.3 millones de hectáreas con un potencial de rendimiento de hasta 270 toneladas de caña por hectárea con las mejores tecnologías, variedades y condiciones ambientales, y 85 litros de etanol por tonelada o 22,950 litros por hectárea con las mejores tecnologías de planta.

Por su parte, México cuenta con 15.8 millones de hectáreas para el cultivo de sorgo con un potencial de rendimiento de 7 toneladas de sorgo por hectárea con las mejores tecnologías, variedades y condiciones ambientales, y 420 litros de etanol por tonelada o 2,800 litros por hectárea con las mejores tecnologías de planta.

Los principales estados con potencial productivo en caña de azúcar son Chiapas, Jalisco, Nayarit, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz; mientras que para el sorgo grano son Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa y Tamaulipas.

Se ha identificado a la caña de azúcar como el cultivo preferente para la producción de etanol, ya que la industria de la caña está en mejores condiciones de generar excedentes aprovechables para la producción de etanol. Con base en la cosecha 2012-2013, se calculó un potencial de producción de entre 645 y 839 millones de litros de etanol elaborados con el excedente de ese año.

Por su parte, en el estado de Tamaulipas existe una capacidad de producción superavitaria de sorgo y el interés de desarrollar un proyecto agroindustrial para la producción de etanol a partir de este insumo. Por ejemplo, existe un proyecto para producir etanol en la zona de Valle Hermoso, Tamaulipas, que aglutina a todos los productores de la zona. De acuerdo con la presentación que hizo la empresa a SAGARPA, SENER y PEMEX, la capacidad de producción del proyecto es de hasta 181 millones de litros de etanol, con un precio de venta de \$7.4 pesos por litro si se entrega en la Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR) de Cadereyta.

2. Los sectores de la caña de azúcar y el sorgo

En Brasil la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar sujeta el precio de la caña al precio del azúcar, no obstante en México, los ingenios pagan la tonelada de caña a un precio mayor al pagado en Brasil y en otros países. Además, en México no se cuenta con el mismo grado de desarrollo tecnológico de Brasil para producción de etanol y la propiedad de la tierra se encuentra fragmentada, por lo que el costo de producción por litro de este biocombustible será mayor en nuestro país.

El precio internacional del etanol ha fluctuado entre 0.40 y 0.77 centavos de dólar americano por litro en el periodo de 2009 a 2012, es decir, entre 5.2 y 10 pesos por litro si se considera una paridad de 13 pesos por dólar. En México, los costos de producción por litro de etanol a partir de caña de azúcar, de sorgo grano y de sorgo dulce oscilan entre los 6.5 y los 10.87 pesos por litro (véase Tabla 1). Estos cálculos se hicieron dividiendo el precio medio del insumo básico (2011) entre el rendimiento estimado en litros de etanol por tonelada de insumo.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Tabla 1. Costo de producción por litro de etanol (pesos/litro)

	Caña de Azúcar	Sorgo Grano	Sorgo Dulce
Insumo básico	7.184	8.627	4.982
Otros insumos	0.235	0.380	0.235
Mano de obra	0.460	0.540	0.460
Costos de producción	0.302	0.295	0.302
Gastos de operación	0.016	0.026	0.016
Amortizaciones	0.387	0.752	0.387
Otros gastos	0.184	0.255	0.184
Total	8.768	10.875	6.566

Fuente: SENER con información de SAGARPA.

La producción excedentaria de azúcar en años anteriores ha tenido un impacto negativo en el precio de este producto, provocando gran inconformidad por parte del sector cañero al no existir medidas compensatorias por las pérdidas económicas del sector. En consecuencia, se ha planteado la posibilidad de que PEMEX compre el etanol producido con los excedentes con el objetivo de nivelar el mercado.

Como se mencionó anteriormente, se han intentado dos esquemas de compra de etanol por parte de PEMEX sin que ninguno de ellos resultara exitoso. En la licitación de 2009 se proponía utilizar el etanol como sustituto del Éter metil tert-butílico (MTBE por sus siglas en inglés) en la zona metropolitana de Guadalajara, mientras que en la licitación de 2012 se contemplaba su uso como componente en las gasolinas Magna en determinadas Terminales de Almacenamiento y Reparto del sureste del país. Estas licitaciones no fructificaron debido a la diferencia entre el precio de venta del sector cañero y el precio máximo que podía pagar PEMEX de acuerdo a su marco jurídico. Esta diferencia es de carácter estructural y se debe principalmente a un menor grado de tecnificación y eficiencia del campo mexicano con respecto a los mercados de referencia; sin embargo, esta brecha se ha cerrado en ciertas locaciones por la inversión en nuevas plantas.

3. Condiciones actuales

Debido a que PEMEX tiene la obligación legal de crear valor económico para la empresa y debe minimizar el riesgo de desabasto de combustibles, no puede otorgar subsidios ni ejecutar acciones que vayan contra su presupuesto. Ya que tampoco existen fondos destinados a incentivar la implementación de una política pública de introducción de etanol a nivel nacional, persiste el conflicto de precios arriba señalado.

Tanto las Secretarías que integran la CIB como PEMEX requieren de apoyo para sistematizar la información de cada uno de sus sectores y desarrollar una metodología que les permita determinar con exactitud los costos y beneficios de una política pública similar a las de Estados Unidos y Brasil. Sólo con base en esta información será posible determinar la conveniencia de establecer algún incentivo o subsidio que permita acceder a las condiciones de precio que exigen los sectores social y privado.

Ante la situación actual del sector cañero, y con el ánimo de contribuir al desarrollo rural del país, existe disposición en la Dirección General de PEMEX para adquirir el etanol que permita desarrollar un mercado para este biocombustible en el país, siempre y cuando se observen las siguientes premisas básicas:

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

- a. PEMEX no subsidiará el precio de compra del etanol. El precio máximo debe ser comparable a una referencia internacional más el costo de la logística, por lo que el precio que PEMEX Refinación está dispuesto a pagar es el precio de importación.

De acuerdo al mecanismo de precio de importación establecido por PEMEX para la adquisición del etanol anhidro, al día de hoy no existiría ningún encarecimiento de las gasolinas del país. Asimismo, las expectativas a futuro no prevén ningún cambio significativo que pudiera revertir esta tendencia que se ha mantenido todos los meses desde enero de 2012. Se denota que en el periodo de enero de 2012 al cierre de 2013 el precio del etanol tendría que haber aumentado en promedio más que 4.3 pesos por litro, lo que en términos relativos representa un aumento de más del 47% en el precio del etanol, para provocar un encarecimiento en el costo de producción de la gasolina.

El precio del etanol se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{PE_{spot} \times (1 + CI) \times FC_1 + LI}{FC_2} \times TC + CT$$

Dónde:

PE: Precio del etanol en cada Terminal de Almacenamiento y Reparto, pesos por litro.

PE_{spot}: Promedio del precio spot (cotizaciones altas y bajas) del Etanol, publicada en Platt's Market Scan del periodo 21 del mes T-2 al 20 del mes T-1, en donde T es el mes de aplicación del precio, UScts/gal.

CI: Costos de importación del Etanol, será el porcentaje aplicable de acuerdo a los derechos de importación establecidos por la Secretaría de Economía y aplicados por el Servicio de Administración Tributaria, %.

FC₁: Factor de conversión de UScts/gal a US\$/b, 0.42

LI: Logística de importación, costo de logística incluyendo transporte marítimo y almacenamiento en terminal marítima. En el caso de Cadereyta será el costo de importación terrestre. Estos datos serán los reportados por compañías especializadas en la importación de productos, US\$/b.

FC₂: Factor de conversión de US/b a US/lit, 158.9873

TC: Promedio de las publicaciones realizadas por el Banco de México en el Diario oficial de la Federación, comprendidas entre el día 21 del mes T-2 al día 20 del mes T-1, siendo T el mes de aplicación del precio, del tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera pagaderas en la República Mexicana.

CT: Costo de transporte terrestre desde el punto de importación hasta cada Terminal, correspondiente a lo reportado por compañías especializadas, \$/lt.

- b. Considerar al etanol como componente de la gasolina y no como oxigenante, esto con la finalidad de atender la regionalización de la oferta. De considerar al etanol como oxigenante, tendría que ser destinado a las zonas metropolitanas de Monterrey, Guadalajara y del Valle de México.
- c. Que exista una oferta regional de gasolina base de producción nacional y la flexibilidad logística para minimizar interrupciones a la operación.
- d. Que exista un diagnóstico de la ubicación de la oferta de etanol factible a entregar a PEMEX por zona de cultivo y biorefinerías. Ello con el objetivo de que PEMEX pueda identificar las inversiones necesarias en infraestructura para el manejo del etanol.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

- e. Que exista una proveeduría de materias primas nacionales competitivas en la zona donde se ubican las Terminales de Almacenamiento y Reparto y que también existan proyectos industriales para producción del biocombustible con la finalidad de garantizar el suministro a PEMEX.
- f. Que la oferta de etanol cumpla con los criterios de sustentabilidad de SEMARNAT bajo un esquema de certificación.

Conforme a esos elementos, se propone a la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos considerar, y en su caso aprobar, la ejecución de una estrategia de corto plazo conforme a las siguientes líneas de acción:

Primera.- La prueba de concepto no contempla la instrumentación de nuevos incentivos económicos o fiscales, por lo que cada integrante de la CIB deberá identificar, con carácter informativo, los esquemas de apoyo existentes para la producción de biocombustibles y de sus insumos. La información recabada deberá compilarse y publicarse en un lapso no mayor a 3 meses.

Segunda.- Ejecutar un esquema regional de introducción de etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna RP para impulsar algunos proyectos que abastezcan cantidades moderadas de etanol en Terminales de Almacenamiento y Reparto aptas para tal efecto, y así generar experiencia en el manejo de etanol bajo las siguientes condiciones:

Ubicación y tamaño de la demanda:	Chiapas, Colima, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, a través de 19 TAR que pueden recibir y utilizar etanol como componente de gasolina, con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 498 millones de litros anuales. Cabe mencionar que en función de las cartas de intención de venta recibidas, en una primera etapa únicamente se licitarán 8 TAR ubicadas en Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 190 millones de litros anuales. Dependiendo de los resultados de esta primera etapa se decidirá si se procede o no a una licitación de las 11 TAR restantes.
Ubicación y tamaño de la oferta:	30 ingenios azucareros con cierta cercanía a alguna de las 19 TAR, y 4 proyectos independientes que en total tendrían una capacidad de producción de entre 721.2 – 967.6 millones de litros anuales, utilizando en el caso de los ingenios el 8.5% o 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles.
Inversiones necesarias en PEMEX:	Entre 43 y 72 millones de pesos por TAR, dependiendo de las terminales seleccionadas. Aproximadamente 1,799 millones de pesos en infraestructura para el manejo de 23.5 millones de litros diarios de gasolina base en refinería y/o en terminal marítima. Aproximadamente 1,145 millones de pesos en tanquería, descargadoras y sistemas de dosificación y calentamiento para el almacenamiento de 23.5 millones de litros diarios de gasolina base y 1.36 millones de litros diarios de etanol, con una autonomía de 10 días. La inversión total estimada de PEMEX sería de 2,944 millones de pesos. Para la primera etapa de 8 TAR se estima una inversión total de PEMEX de 879 millones de pesos.
Precio:	El precio máximo que PEMEX puede ofrecer es comparable a la referencia internacional del etanol anhidro más el costo de la logística y la vigencia del contrato será por 10 años de suministro. Asimismo el suministro de etanol iniciará entre 2 y 3 años después de que se anuncien los ganadores de la(s) licitación(es) pública(s), lo anterior para permitir la construcción del proyecto industrial de etanol y organizar los contratos de suministro agrícola.

Los cultivos principales para abastecer la demanda de PEMEX son el sorgo grano y la caña de azúcar, considerándose viable que el 70% sea atendido con caña de azúcar y el otro 30% con sorgo en tierras que actualmente se cultivan. Se calcula que para el año 2020, 41 mil hectáreas de caña de azúcar podrán atender una demanda anual de etanol por 348.6 millones de litros, lo que requerirá inversiones por aproximadamente 1,230 millones de pesos en el campo, 4,382 millones de pesos para adaptar las biorefinerías, y el aseguramiento de 9 mil empleos permanentes.

En el caso del sorgo grano se calcula que 53 mil hectáreas podrán atender una demanda anual de etanol por 143.4 millones de litros, lo que requerirá inversiones por aproximadamente 828 millones de pesos en el campo, 1,245 millones de pesos para adaptar las biorefinerías, y el aseguramiento de 3 mil empleos permanentes.

Tercera.- Para ejecutar el esquema regional de introducción de etanol anhidro, PEMEX debe realizar una tercera licitación que contemple la coincidencia entre la oferta y la demanda, y exista el interés de los particulares para vender etanol bajo las condiciones de precios que PEMEX puede pagar. Cabe mencionar que se han identificado al menos tres empresas que están dispuestas a vender bajo esas condiciones.

Cuarta.- Para que la licitación sea exitosa, se sugiere realizar en el mes de mayo una pre-licitación que sirva como base para establecer los términos y condiciones de compra que permita publicar la convocatoria respectiva en el mes de julio.

Quinta.- Diseñar los términos de referencia para la contratación de un experto que en el mediano plazo implemente una metodología para i) sistematizar la información con que cuentan las dependencias que integran la CIB y PEMEX, y ii) evaluar, en el transcurso de los dos primeros años de operación de la prueba de concepto, aquellos elementos que permitan definir la viabilidad de establecer una política pública de etanol con alcance nacional en el mediano o largo plazo. Este estudio metodológico deberá elaborarse con una perspectiva social, ambiental, económica y legal.

Sexta.- Emitir una Norma Mexicana para certificar la sustentabilidad de la producción de biocombustibles de origen vegetal para el sector transporte, que sea de aplicación voluntaria y que permita garantizar la sustentabilidad de los proyectos de etanol.



Abreviaturas

CIB	Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos
EPA	Agencia de Protección Ambiental de EEUU (por sus siglas en inglés)
EUA	Estados Unidos de América
E15	Mezcla de etanol al 15% con gasolina al 85%
E85	Mezcla de etanol al 85% con gasolina al 15%
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FONAGA	Fondo Nacional de Garantías de los Sectores Agropecuario, Forestal, Pesquero y Rural
GEI	Gases de Efecto Invernadero
LAERFTE	Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética
LPDB	Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos
Magna RP	Magna Resto del País
Magna UBA	Magna Ultra Bajo Azufre
Magna ZM	Magna Zona Metropolitana
MTBE	Éter Metil Tert-Butílico (por sus siglas en inglés)
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Programa de Introducción de Bioenergéticos
PIE	Programa de Introducción de Etanol Anhidro
PNBA	Programa Nacional Brasileño del Alcohol
PND	Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018
RFS2	Renewable Fuel Standard Program
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SE	Secretaría de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
TAR	Terminal de Almacenamiento y Reparto
VEETC	Volumetric Ethanol Excise Tax Credit

1. Introducción

La demanda mundial de energía va en aumento mientras que el acceso a yacimientos de combustibles fósiles es cada vez más complicado y costoso. Esta situación, aunada al daño al medio ambiente derivado del uso de hidrocarburos ha planteado la urgencia de buscar fuentes alternas y sustentables¹ de energía. Tras la firma en 1992 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo es estabilizar las emisiones de GEI a la atmósfera, todos los países industrializados y más de 40 países en desarrollo, incluyendo a México, han presentado oficialmente sus metas y medidas de reducción de emisiones².

En ese sentido, y debido al enorme peso que el sector transporte tiene en las emisiones de bióxido de carbono, algunos de esos países industrializados han establecido objetivos y políticas para promover el desarrollo de sus industrias de biocombustibles como una respuesta general al calentamiento global, considerándolos como una fuente renovable de energía potencialmente sustentable debido a la posible reducción de GEI, al desarrollo de economías agrícolas regionales y al fortalecimiento de la seguridad energética³.

En 2008 entró en vigor en México la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) cuyo objetivo es impulsar el desarrollo y crecimiento de una industria de biocombustibles, como un medio para contribuir al desarrollo rural, diversificar las opciones energéticas del país y contribuir a la reducción de GEI. Posteriormente, se emitieron programas encaminados a impulsar el desarrollo de etanol anhidro y biodiesel.

A la fecha, el tema se ha retomado en el Pacto por México, que establece la necesidad de crear una nueva cultura y compromiso ambiental que modifique nuestro estilo de vida, a través de la reducción de la dependencia hacia los combustibles fósiles y el impulso a la inversión para investigación y desarrollo de proyectos de energías a partir de fuentes renovables; así como la necesidad de realizar una reforma energética que sea motor de inversión y desarrollo, y que PEMEX sea uno de los ejes centrales para la lucha contra el cambio climático a través del impulso a las energías renovables y el ahorro de energía.

El PND establece dentro del cuarto eje de política pública “México Próspero”, en el *punto IV.2. Plan de acción: eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país* que en materia energética plantea abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. Esto implica aumentar la capacidad del Estado para asegurar la provisión de petróleo crudo, gas natural y gasolinas que demanda el país; fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica; promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas.

Por su parte, la Estrategia Nacional de Energía en el tema estratégico 15, *Identificar y aprovechar el potencial de energías renovables en nuestro país*, señala que es necesario detectar y divulgar los paquetes tecnológicos disponibles para la producción sustentable de insumos de bioenergéticos con la finalidad de establecer metas claras; también señala que para introducir exitosamente el uso de los bioenergéticos en el sector del transporte mexicano, se requiere determinar metas adecuadas conforme

¹ En el marco de este documento se entenderá como sustentable un esquema de desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

² United Nations Framework Convention on Climate Change. En el sitio: http://unfccc.int/portaal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php

³ A partir del año 2000, la producción de biocombustibles a nivel mundial ha crecido a un ritmo anual aproximado del 10%, alcanzando en el 2011 una producción total de aproximadamente 100 mil millones de litros. De esa producción 82% corresponde a etanol y 18% a biodiesel. En ese mismo año en el sector transporte los biocombustibles participaron con el 3% del combustible total consumido.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

a la realidad nacional y continuar con la estrategia de adquisición de bioenergéticos por parte de las paraestatales, de manera gradual y comenzando por el etanol anhidro.

En este contexto, en junio de 2013 se instaló el Consejo Consultivo para las Energías Renovables en el que se aprobó el inicio de un proceso de consultas y conformación de acuerdos y compromisos del sector público y privado para establecer metas de generación mediante energías renovables y cogeneración eficiente que se incluirán en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, así como traducir en acciones los compromisos establecidos en el Pacto por México, el PND, la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 y el Programa Sectorial de Energía 2013-2018.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente documento es analizar la situación actual y las opciones disponibles en el corto plazo para promover el desarrollo de una industria de etanol a través de su uso como componente en las gasolinas (véase Anexo 1. El etanol y tendencias en su desarrollo tecnológico).

2. Contexto mundial

2.1 Motivaciones para el desarrollo de los biocombustibles

El impulso internacional a los bioenergéticos, especialmente a los biocombustibles para el transporte, se basa en tres grandes motivaciones: fortalecer la seguridad energética, contribuir a la sustentabilidad ambiental y promover el desarrollo agrícola.

La volatilidad de los precios del petróleo a mediados de la década de los años setenta, posteriormente en los ochenta y durante el periodo de 2004 a 2007 generaron impactos negativos sobre las economías de naciones dependientes de su importación, complicando la planeación energética e inclusive la planeación económica en muchos países del mundo. Debido a que la producción ha empezado a decrecer en algunos de los principales países productores de crudo, se prevé que la volatilidad continúe. De hecho, la Agencia Internacional de Energía utiliza en sus documentos precios del petróleo en un rango de entre 105 a 93 dólares por barril para el periodo 2014-2018⁴.

En ese contexto se fomenta la diversificación de las fuentes de energía a partir de la producción local de biocombustibles, como en el caso de los dos principales países productores de biocombustibles: Estados Unidos y Brasil.

En cuanto a la sustentabilidad ambiental, a partir de la firma del Protocolo de Kyoto, diversos gobiernos adquirieron compromisos para reducir emisiones de GEI, razón por la que diversas naciones han planteado dar cumplimiento mediante el uso de las energías renovables, encontrando una opción en los biocombustibles. De acuerdo con diversos estudios, uno de los principales beneficios ambientales de utilizar fuentes primarias renovables para producir energía es su potencial para reducir la emisión de los GEI que se asocian con el uso de las fuentes de energía fósil.

La sustentabilidad ambiental es una importante motivación para el desarrollo de biocombustibles en los países de la Unión Europea, no obstante existe un fuerte debate sobre los balances netos de energía y los balances netos de emisiones de GEI que tiene la cadena productiva de la bioenergía y en particular, la de los biocombustibles.

⁴ IEA, Oil Medium Term Market Report, 2013, pág. 18.

El Estado mexicano ha manifestado su compromiso por buscar la implementación de tecnologías bajas en emisiones de carbono, el desarrollo sustentable y la búsqueda de sistemas de energía compatibles con el medio ambiente, tal y como se contempla en la Ley General de Cambio Climático, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

Por lo que se refiere al desarrollo rural, la industria de los biocombustibles puede ampliar el acceso a los sistemas de energía, crear trabajo y aumentar el ingreso en zonas marginadas, por lo que algunos países como Colombia y México han establecido regulaciones con un claro enfoque social, en la que el objetivo de promover el uso de biocombustibles está directamente relacionado con la intención de favorecer el crecimiento del campo.

La utilización de biocombustibles de primera generación y en algunos casos de segunda generación, puede beneficiar al sector rural al ofrecerle acceso a un mercado diferente al tradicional, diversificando así las fuentes de ingresos para los productores, creando empleos y mejorando la calidad de vida de las comunidades marginadas.

No obstante, una política nacional de promoción de biocombustibles deberá desarrollarse asegurando que los insumos agrícolas para su producción no atenten contra la soberanía y la seguridad alimentaria del país. De acuerdo con estudios de SAGARPA, el desarrollo de biocombustibles de primera generación no implicaría competencia con los alimentos siempre y cuando haya una diversificación de cultivos que ayude a mejorar el uso de los terrenos de menor calidad.

2.2 Principales Productores de etanol en el Mundo

a) Estados Unidos de América

Aunque el inicio de la producción de etanol en EUA se remonta al siglo XIX, fue en la década del 2000 que se amplió considerablemente. La producción era en promedio de 7.5 miles de millones de litros anuales, aumentando a 24.6 miles de millones de litros para el 2007 y a 52.6 miles de millones de litros para el 2011⁵.

El principal detonante para la producción y uso de etanol en las cantidades antes mencionadas fue la prohibición del uso de MTBE para oxigenar las gasolinas. Durante 1999, en California se encontró que el 80% del agua había sido contaminada con MTBE y las compañías Shell y Chevron tuvieron que pagar altos costos por el abastecimiento de agua, así como comprometerse a la recuperación de las fuentes afectadas. En el año 2005 la Suprema Corte de Justicia de los EUA denegó la protección legal a los productores de dicha sustancia bajo el argumento de que genera efectos tóxicos y contaminantes en mantos acuíferos y se publicó la *Energy Policy Act*. Para 2006, alrededor de 20 estados de los EUA habían prohibido el uso de este aditivo y en 2007 se publicó la *Energy Independence and Security Act*, donde el Gobierno de ese país estableció el requerimiento de mezclar 28.3 miles de millones de litros de biocombustibles con combustibles fósiles para el 2012 y 136.2 miles de millones de litros para el 2022. A dichos requerimientos se les conoce como RFS2 (Renewable Fuel Standard Program)⁶.

⁵ En 1826 Samuel Morey experimentó con el etanol como combustible y en 1896 Henry Ford diseñó su primer carro automotor usando como combustible al etanol.

⁶ *Energy Policy Act 2005*. Government Printing Office, U.S.A. En el sitio: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/html/PLAW-109publ58.htm> Información consultada el 16 de marzo de 2013.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Una vez instituido por mandato legal el requerimiento de etanol, la principal política para apoyar esta industria fue refrendar un subsidio que se ejerció a través de un estímulo fiscal, el VEETC (*Volumetric Ethanol Excise Tax Credit*), el cual fue un estímulo fiscal que se otorgó desde 2004 y recompensaba la adquisición de etanol con 45 centavos de dólar por galón sin importar el origen geográfico de su producción⁷. Paralelo a esto y con el objeto de proteger la producción interna de etanol (principalmente del etanol brasileño, producido a partir de la caña de azúcar) desde 1980 se impuso un arancel de 54 centavos de dólar por galón importado de etanol a todas las economías con excepción de las pertenecientes al *Caribbean Basin Initiative*⁸.

Para finales de 2011 el Congreso no refrendó el subsidio ni el arancel, y para el 1 de enero de 2012 la industria del etanol dejó de contar con estos apoyos gubernamentales a pesar de que el mandato legal de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles continuaba. Las principales razones para estos cambios fueron las siguientes⁹:

- Altos precios del petróleo;
- Producción récord de etanol;
- *Blend Wall* - Tope de la capacidad de recepción de etanol en el mercado de la gasolina¹⁰;
- Robusto mandato legal de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles (RFS2), y
- Necesidad de reducir egresos federales debido al déficit actual.

En 2011, el último año en el que el subsidio VEETC estuvo en vigor, el gobierno invirtió 6 mil millones de dólares en este rubro. Dicho subsidio sirvió para impulsar la industria ya que para ese año se produjeron alrededor de 52.6 miles de millones de litros de etanol en 209 biorefinerías localizadas en 29 Estados¹¹, y al día de hoy casi el 10% de la mezcla de gasolina consumida en su territorio es etanol¹². Dicha producción se traduce en 485 millones de barriles de crudo que ese país no tuvo que importar para cubrir sus necesidades energéticas¹³, y representó alrededor de 90,200 empleos directos, 311,400 empleos indirectos y 42.4 miles de millones de dólares al Producto Interno Bruto para ese año.

A pesar del mandato legal del RFS2 de impulsar la industria del etanol de segunda generación, EUA ha hecho muy poco al respecto y se encuentra muy por debajo de los requerimientos legales¹⁴. Ante la obligación legal de incrementar el uso de biocombustibles para los próximos años pero sin el apoyo federal de los subsidios y tarifas, la industria del etanol enfrentará retos significativos, siendo el principal que la capacidad de crecimiento está obstaculizada por el *Blend Wall* ya que la industria declara estar lista para ofrecer E15 y potencialmente E85 pero el mercado no está listo para recibirlos¹⁵.

⁷ El VEETC fue la versión más reciente del subsidio existente desde los 70's a la industria del etanol. Este quedó establecido en la ley a través de la *American Jobs Creation Act 2004*. Government Printing Office, U.S.A. En el sitio: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-108publ357/html/PLAW-108publ357.htm> Información consultada el 18 de marzo de 2013.

⁸ Para más información sobre este tema ver: Energy Information Administration, U.S.A. Issues and Trends 2012. En el sitio: <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf>

⁹ Loc cit.

¹⁰ Hoy en día EUA no cuenta con la capacidad técnica (bombas, autos, etc.) para comercializar una mezcla de gasolina con un mayor contenido de etanol. A este fenómeno se le conoce con el nombre de *blend wall*.

¹¹ Renewable Fuels Association. 2012. Accelerating Industry Innovation 2012 Ethanol Industry Outlook, pág. 2.

¹² Energy Information Administration, U.S.A. Issues and Trends 2012. En el sitio: <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf> Información consultada el 18 de marzo de 2013.

¹³ Renewable Fuels Association. 2012. Accelerating Industry Innovation 2012 Ethanol Industry Outlook, pág. 8.

¹⁴ Energy Information Administration, U.S.A. Issues and Trends 2012. En el sitio: <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf> Información consultada el 19 de marzo de 2013, pág. 1.

¹⁵ Renewable Fuels Association. 2012. Accelerating Industry Innovation 2012 Ethanol Industry Outlook.

Con el objeto de superar dicho reto se tendrían que instalar nuevas bombas expendedoras de gasolina que tuviesen la tecnología para mezclar un mayor porcentaje de etanol. Además la industria automotriz tendría que aumentar la incorporación de la tecnología *Flex-fuel* a los autotransportes para que estos tengan la capacidad de aceptar diferentes porcentajes de etanol en la mezcla de gasolina.

Asimismo, y considerando el déficit de producción de caña de azúcar que experimentó Brasil durante el 2011 y 2012 la industria del etanol estadounidense tendría que aprovechar la oportunidad de incrementar la exportación del biocombustible a ese país, si es que logra satisfacer la demanda nacional dada la severa sequía experimentada durante el verano de 2012 en los cultivos de maíz (principal insumo del etanol de ese país)¹⁶.

El Estado de California continúa impulsando el *Low Carbon Fuel Standard*, un instrumento de política ambiental local que busca reducir las emisiones de GEI provenientes de vehículos automotores y que propone que los sustitutos de combustibles no renovables, tales como el etanol, tengan que probar durante todo el ciclo de su producción menores niveles de contaminación que los del combustible a remplazar¹⁷.

Por otra parte, la logística de transporte en EUA, se lleva a cabo mayormente con trenes unitarios de 100 carros que tienen un solo origen y un solo destino, aunque la manera más eficiente de llevarla a cabo son los ductos de distribución, esto es debido a las dificultades técnicas de los ductos, principalmente la corrosión¹⁸. Por ello, en los últimos años se han realizado importantes inversiones para permitir que las estaciones de tren puedan recibir a los trenes unitarios de etanol.

b) Brasil

En la década de los setenta los precios del petróleo se incrementaron considerablemente y la oferta se vio limitada, además, cayó el precio del azúcar en el mercado internacional por lo que el gobierno brasileño puso en marcha el Programa Nacional Brasileño del Alcohol (PNBA), cuyo objetivo era impulsar el uso del etanol de caña de azúcar como combustible¹⁹.

Durante la primera fase del PNBA, el gobierno brasileño contribuyó con fondos para construir destilerías adyacentes a los molinos de caña de azúcar, de tal manera que el cultivo de caña de azúcar pudiera convertirse en azúcar o en etanol dependiendo de las fluctuaciones en los precios de ambos mercados. Asimismo, negoció con manufactureras automotrices para desarrollar vehículos que funcionaran con 100% de combustible de etanol y se establecieron incentivos a la industria automotriz para desarrollar vehículos que utilizaran etanol como parte de su combustible²⁰. Entre 1983 y 1988 este tipo de automotores alcanzaron ventas del 92%, lo cual significó más del 50% de la flota de autos para 1992.

En 1993 el gobierno emitió legislación que obligaba a mezclar gasolina con etanol y otorgó incentivos en forma de subsidios. Dichas medidas robustecieron a la industria y como consecuencia de este fortalecimiento para el año 2000 el gobierno desreguló el sector, eliminó los subsidios e instituyó un

¹⁶ Energy Information Administration, U.S.A. Issues and Trends 2012. En el sitio: <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf> Información consultada el 19 de marzo de 2013 pág. 1.

¹⁷ Air resources board. Government of California. En el sitio: <http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm> consultado el 19 de marzo de 2013

¹⁸ Energy Information Administration, U.S.A. Issues and Trends 2012. En el sitio: <http://www.eia.gov/biofuels/issuestrends/pdf/bit.pdf> Información consultada el 19 de marzo de 2013 pág. 13.

¹⁹ Garten Rothkopf. 2007. A Blueprint for Green Energy in the Americas, Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere. Featuring: The Global Biofuels Outlook 2007. Inter-American Development Bank. pág. 441.

²⁰ Luis Cortez y Walter Arnaldo. 1999. A Historical Overview of the Brazilian Bioethanol Program. Renewable Energy for Development. Stockholm Environmental Institute. vol 11. Num. 1. 1999, pág. 2.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

nuevo impuesto que aplicaba sólo para la gasolina y el diésel y permitió que la producción de gasolina y etanol respondieran al mercado/²¹.

Aunque desde principios de los noventas los automóviles usaban etanol en combinación con la gasolina, el factor tecnológico determinante en la expansión del mercado de etanol en Brasil fue la introducción de motores *Flex-fuel* en marzo de 2003/²², y para fomentar su uso el gobierno concedió un beneficio fiscal al imponerles un impuesto menor. Estos automóviles permitieron a los consumidores elegir cualquier combinación de etanol y gasolina en función de los precios del mercado. La medida fue exitosa y para finales de 2004 los vehículos con esta tecnología alcanzaron ventas del 73% de los vehículos nuevos/²³.

En el 2006 el gobierno brasileño anunció la autosuficiencia nacional en combustibles, es decir, que Brasil tiene la capacidad de producir toda la energía que consume. Para ello, han utilizado los recursos petroleros de la nación, su significativa capacidad hidroeléctrica y los demás recursos y fuentes renovables de que disponen; un factor clave ha sido la alta producción de etanol a partir de caña de azúcar.

Los principales incentivos que permitieron al PNBA consolidar el uso y la producción de etanol fueron las condiciones financieras atractivas con créditos a la industria ofrecidos por parte del gobierno de tasas y riesgos muy bajos, un mercado garantizado por mandato legal, y precios fijos tanto del azúcar como del etanol. Estos mismos fueron fructíferos gracias a cuatro condiciones muy importantes que persistían en el país:

- La tecnología para producir etanol ya existía a nivel industrial; el jugo de la caña de azúcar ya se fermentaba para obtener bebidas alcohólicas.
- La tecnología para producir caña de azúcar también estaba desarrollada.
- Existía capacidad de manufactura para equipo industrial y agrícola. Más del 90% de los materiales utilizados eran de origen nacional.
- El consumo de etanol durante el primer periodo del PNBA estuvo garantizado mediante mezclas obligatorias a niveles que no requerían modificaciones en los motores habituales.

Brasil es el segundo productor de etanol en el mundo y hasta 2010 el mayor exportador de este biocombustible; en 2011 produjo alrededor de 22.7 miles de millones de litros, cuenta con más de 400 plantas para refinarlo y más de 40 plantas que se dedican exclusivamente al procesamiento de la caña de azúcar/²⁴. Actualmente, el etanol satisface el 38% de la energía que consumen los automóviles en Brasil/²⁵.

Es posible afirmar que la industria de los biocombustibles en Brasil es fuerte y eficiente debido a sus condiciones climatológicas, su alta tecnificación para cultivar la caña de azúcar, las grandes extensiones de terreno cultivable, la existencia de mano de obra calificada y la existencia de políticas públicas orientadas a impulsar su desarrollo.

²¹ Jayme Buarque de Hollanda y Allan Douglas Poole, pág. 2

²² José Goldemberg. 2008. The Brazilian Biofuels Industry. University of Sao Paulo, Institute of Electrotechnics and Energy. Sao Paulo, pág. 2

²³ Ministry for Agriculture, Livestock and Food Supply, et. al. 2006. Ethanol in Brazil: a successful Experience. Washington.

²⁴ Empresa de Pesquisa Energética, Perspectivas para o Etanol no Brasil. 2008. Ministério de Minas e Energia, Brasil.

²⁵ Brazil Country Report March 2012. IEA Bioenergy, International Energy Agency.

Sin embargo, Brasil ha enfrentado una serie de retos, tales como las condiciones climatológicas desfavorables que tuvo en 2009 y que afectaron negativamente la producción de caña de azúcar, lo cual, aunado al incremento del precio del azúcar en el mercado internacional, provocó que fuera más atractivo procesar azúcar que etanol, registrándose una baja importante en la producción de este biocombustible^{/26}.

La cosecha de caña de azúcar para 2012 fue 40% menor que la de antes de la crisis. La producción del etanol brasileño en 2011 estuvo alrededor de 5.6 miles de millones de litros, cifra inferior a la obtenida durante 2010. Para 2012, la industria dejó de producir 26% de etanol de lo que estaba produciendo antes de esta crisis y 41 de 400 plantas refinadoras de etanol cesaron temporalmente sus labores^{/27}.

Al caer la oferta de etanol, principalmente durante 2010 y 2011, los precios de este biocombustible escalaron al punto que dejó de ser atractivo para los dueños de vehículos *Flex-fuel*. El gobierno redujo el requerimiento mínimo de mezcla de etanol para bajar la demanda y controló el precio del biocombustible. En este periodo y por primera vez en su historia, Brasil importó alrededor de 1.5 miles de millones de litros de etanol de EUA.

Actualmente, la política brasileña se ha enfocado en el apoyo a la investigación y desarrollo tecnológico para mejorar la eficiencia del cultivo de la caña de azúcar y desarrollar etanol de segunda generación, a la expansión del proceso productivo, así como al fortalecimiento de la infraestructura alrededor de la industria del etanol (privatización del sistema de ferrocarriles) y al posicionamiento del tema y de Brasil como líder en la arena internacional.

Del análisis anterior, se desprende que tanto en EUA como en Brasil, el desarrollo del etanol se logró con apoyos gubernamentales, tanto en el diseño e implementación de políticas públicas como en la asignación de importantes incentivos económicos para su producción.

Ambos países han detonado su industria a partir de una decisión gubernamental de invertir en el desarrollo de la misma y han establecido requerimientos legales para el uso de etanol y subsidios, incentivos y aranceles que se han eliminado a medida que la industria ha madurado. Asimismo, han enfrentado adversidades climatológicas como sequías que han afectado la producción y el abasto, situación que seguirá siendo un reto ya que las contingencias de esta naturaleza son inherentes a todas las fuentes renovables de energía.

En ambos casos la industria del etanol ha fortalecido la independencia energética nacional, ha beneficiado a los productores de los cultivos bioenergéticos, y en ambas naciones se ha logrado desarrollar industrias exitosas de etanol de primera generación.

De forma paralela a estos logros, aún se cuestiona la viabilidad de largo plazo de los apoyos e incentivos destinados a la producción de biocombustibles, la sustentabilidad energética de estos desarrollos y los efectos en la frontera agrícola y forestal^{/28}.

²⁶ Beville Kris. 2011. How ethanol moves and where it's going. Ethanol Producer Magazine.

²⁷ Angelo Claudio. Growth of ethanol fuel stalls in Brazil. Nature 491.

²⁸ US Ethanol Policy: The unintended consequences. Mossbacher Institute, UTA&M (2012). Disponible en: <http://bush.tamu.edu/mossbacher/takeaway/TakeAwayVol3Iss1.pdf>



3. Contexto nacional

3.1 Marco jurídico

En diciembre de 2001 entró en vigor la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la cual prevé la planeación y organización de la actividad agropecuaria para el mejoramiento de la calidad de vida del sector rural.

En agosto de 2005, entró en vigor la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, la cual dispone que el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar promovería el intercambio de tecnologías de punta probadas en el aprovechamiento de la agroenergía, con la intención de que los interesados contaran con la información necesaria para mejorar la eficiencia térmica de sus ingenios para permitir la cogeneración de energía eléctrica y la obtención de gas de síntesis²⁹.

Posteriormente, en diciembre de 2005 se presentó a la Cámara de Diputados la iniciativa de la Ley para la Promoción y el Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de febrero de 2008. Este ordenamiento prevé que la promoción y el desarrollo de los bioenergéticos debe considerarse una actividad de interés general para coadyuvar al desarrollo nacional integral y garantizar el desarrollo sustentable del sector rural. Es el principal eje legal para el impulso del etanol como biocombustible y es una norma jurídica reglamentaria de los artículos 25 y 27, fracción XX de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Esta Ley busca coadyuvar con la diversificación energética y el desarrollo sustentable, y en ella se establecen las bases para promover la producción de insumos para biocombustibles, y para la producción, comercialización y uso eficiente de los mismos.

Conforme a lo anterior, el Gobierno Federal tiene la obligación de promover la producción y uso de los bioenergéticos en el país atendiendo a tres propósitos principales: i) diversificar las fuentes disponibles de energía; ii) coadyuvar a la reducción de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI); y iii) mejorar la calidad de vida de mexicanos en situación de alta y muy alta marginalidad.

Al tratarse de un tema con implicaciones transversales la LPDB señala como autoridades competentes en materia de bioenergía a la SAGARPA, a la SENER y a la SEMARNAT, y prevé la creación de la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos integrada por los titulares de las Secretarías antes señaladas, así como los de la SE y la SHCP. Esta Comisión está prevista como un órgano colegiado encargado de analizar y dictar las directrices de política pública en materia de bioenergéticos, para la posterior ejecución de acciones a través del ejercicio de las facultades por parte de las autoridades competentes.

En noviembre de 2008 entró en vigor la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), la cual tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica. Define a las energías renovables como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, y se encuentren disponibles de forma continua o periódica; y prevé como renovables al viento, radiación solar, energía oceánica y movimiento del agua, geotermia y a los bioenergéticos en términos de la LPDB.

²⁹ Artículo 105 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable de la Caña de Azúcar.

A la generación de energía a partir de biomasa se le considera energía renovable y le resultan aplicables tanto la LAERFTE como la LPDB, de tal forma que la SENER tiene, entre otras, las siguientes atribuciones para llevar a cabo la planeación en el tema: elaborar, en el marco de la Ley de Planeación, los programas sectoriales y anuales relativos a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos; establecer el Programa de Introducción de Bioenergéticos (PIB), considerando objetivos, estrategias, acciones y metas en cuya elaboración se tomaran en cuenta principalmente la producción nacional sobre la importación, la definición de plazos y regiones para la incorporación del etanol como componente de la gasolina, y la incorporación del biodiesel al consumo así como los requerimientos de infraestructura para su producción, transporte y comercialización, y elaborar y coordinar la ejecución del Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables.

Al respecto, el 7 de octubre de 2009 la SAGARPA publicó el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico y la SENER hizo lo mismo con el PIB. El 16 de diciembre de 2011 la SENER publicó el Programa de Introducción de Etanol que sustituía las metas de etanol previstas en el Programa de Introducción de Bioenergéticos, y con base en ello PEMEX realizó dos procesos de licitación pública para la adquisición de etanol, cuyas características y resultados se explican en el apartado 3.3 del presente documento.

El 18 de junio de 2009 se publicó en el Diario Oficial el Reglamento de la LPDB, el cual tiene como objetivo proveer en la esfera administrativa la exacta observancia de la LPDB. El Reglamento establece las bases, elementos y características que deben contener los programas que tienen la obligación de emitir las autoridades competentes; asimismo prevé los requisitos, procedimientos y plazos específicos para el otorgamiento de permisos para el uso del maíz en la producción de biocombustibles, así como de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de estos. También precisa las medidas que deberán seguirse para la protección del medio ambiente durante el desarrollo de la industria, y mide las sanciones que corresponden a las diferentes infracciones estipuladas en el marco jurídico.

El 13 de noviembre de 2009 se publicaron en el Diario Oficial de la Federación los acuerdos mediante los cuales se emiten los Lineamientos para el otorgamiento de permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel, y los Formatos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización de Bioenergéticos del tipo etanol anhidro y biodiesel.

Por los recursos naturales implicados en la producción y uso de bioenergía, así como por los posibles impactos de la misma al medio ambiente, resultan aplicables a la producción, el almacenamiento, el transporte y la comercialización las leyes vigentes en materia de medio ambiente tales como: Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley Federal de Responsabilidad Ambiental; Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos; Ley General de Cambio Climático; Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y Ley de Aguas Nacionales.

3.2 La participación de PEMEX

De conformidad con lo establecido en los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el artículo 2 de la Ley de Petróleos Mexicanos, las actividades relacionadas con el petróleo, los hidrocarburos y la petroquímica básica que constituyen una de las áreas estratégicas de manejo exclusivo del Estado, serán realizadas por PEMEX y sus organismos subsidiarios.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

PEMEX es responsable de la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución de petrolíferos en el país, con la obligación de garantizar el abasto nacional con productos propios e importados y, por lo tanto, es responsable de producir e importar las gasolinas que se utilizan en el país y que las mismas cumplan con las especificaciones de calidad vigentes.

Lo anterior es de gran importancia ya que el etanol como biocombustible en el sector transporte únicamente puede utilizarse mediante su mezcla con gasolinas en dos modalidades: i) oxigenante de las gasolinas o ii) componente en la formulación de gasolina.

Por tanto, PEMEX tiene entre sus atribuciones el establecer las condiciones de compra, considerando los volúmenes requeridos, destino y porcentajes de mezcla viables.

3.3 Acciones Implementadas

Al día de hoy el Gobierno Federal ha implementado tres acciones principales para impulsar el consumo de etanol por parte de PEMEX:

a) Prueba piloto

Del 11 de diciembre de 2008 al 6 de febrero de 2009 PEMEX, con el apoyo técnico del Instituto Mexicano del Petróleo, realizó una prueba piloto en Cadereyta, Nuevo León para probar el comportamiento de la gasolina oxigenada con etanol al 6% en sustitución del MTBE y con el objetivo de generar experiencia en el manejo de este biocombustible; evaluar el rendimiento de la mezcla de gasolina con etanol en los motores de los vehículos, y evaluar las emisiones a la atmósfera.

Para tal efecto, PEMEX adquirió del Ingenio La Gloria la cantidad de 151,600 litros de etanol de caña con 1% máximo en contenido de agua. A partir de ese volumen se produjeron 2.38 millones de litros de gasolina base Magna UBA sin oxigenantes, bajo octano y baja presión, los que se mezclaron con gasolina en la TAR de Cadereyta. La distribución se realizó en una gasolinera de Monterrey y se monitoreó el desempeño de una flotilla controlada de 101 vehículos, obteniéndose los siguientes resultados:

- No se reportaron quejas ni incidentes por consumo de combustible en la operación de vehículos o por su manejo en las estaciones de servicio.
- No se requirió remplazo de filtros de dispensarios y la gasolina en el fondo de los tanques tenía una apariencia limpia y clara.
- En la formulación y manejo se presentó estabilidad en la formulación en línea (a 5.8% de etanol en la mezcla).
- Como efecto positivo se presentaron algunas reducciones en las emisiones a la atmósfera de los óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono en las emisiones, y como efecto negativo se presentaron algunos incrementos en las emisiones de acetaldehídos y formaldehidos, promotores en la formación de ozono.

b) Licitaciones 2009 y 2012

El 29 de septiembre de 2009 PEMEX convocó a la primera licitación pública nacional para la adquisición de etanol anhidro con la finalidad de dar cumplimiento a lo establecido en el PIB y el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, emitidos por la SENER y la SAGARPA respectivamente. Sin embargo, no se adjudicó dicha licitación, por lo que la CIB solicitó a la SENER replantear la estrategia de introducción de etanol anhidro.

Para tal efecto, la SENER emitió el Programa de Introducción de Etanol Anhidro, el cual sustituyó al de Introducción de Bioenergéticos en la parte correspondiente a etanol. Con base en ello PEMEX lanzó una segunda licitación para adquirir etanol. Nuevamente, el proceso se declaró desierto, ya que las ofertas presentadas no fueron solventes económicamente al rebasar el precio máximo que PEMEX estaba en posibilidad de ofrecer.

A continuación se muestran las principales características de cada una de dichas licitaciones:

Tabla 2. Principales características de la licitación 2009

Principales características de la licitación 2009	
Norma:	Ley de Adquisiciones, Arrendamiento y Servicios del Sector Público
Nacionalidad:	Licitantes de nacionalidad mexicana y el etanol contar por lo menos con 50% de contenido nacional.
Destino:	Oxigenante (como sustituto del MTBE) de gasolinas en la zona metropolitana de Guadalajara.
Vigencia:	Cinco años
Volumen:	Mínimo 658 millones de litros Máximo 823 millones de litros
Precio:	$\text{Petanol} = P_{\text{refEtanol}} + \text{CNT} + / - \text{Dif. Mez (MTBE)} - \text{CI}$ $P_{\text{refEtanol}}$: Precio spot en la CNGM (Platt's Oilgram U.S. Marketscan en Houston) CNT: Costo neto de transporte, se refiere a los costos de internación del producto a las terminales de almacenamiento Dif. Mez. (MTBE): Diferencial de costo de mezclado (MTBE-Etanol/% cont. etanol) CI: Costo de inversión de PEMEX. Pago anual requerido para recuperar la inversión en las instalaciones de PEMEX entre el volumen de etanol.
Fallo:	El contrato se adjudicó a las empresas Destiladora del Valle, S.A. de C.V.; Destiladora del Papaloapan, S.A. de C.V. y Grupo Dortmund, S.A. de C.V. toda vez que su proposición conjunta fue solvente en los aspectos legales, técnicos y económicos, pero las empresas no se presentaron a la firma argumentando la imposibilidad de suscribir el contrato por los costos de la caña de azúcar.

Fuente: SENER con información de PEMEX



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Tabla 3. Principales características de la licitación 2012

Principales características de la licitación 2012	
Norma:	Ley de Petróleos Mexicanos
Nacionalidad:	Licitantes de nacionalidad mexicana: el etanol debía ser producido en México y contar por lo menos con 60% de contenido nacional.
Destino:	Etanol como componente al 5.8% en volumen de las gasolinas para las TAR'S del sureste
Vigencia:	Cinco años
Volumen:	Mínimo 425 millones de litros Máximo 520 millones de litros
Precio:	$P_{\text{etanol}} = P_{\text{refEtanol Houston}} - CL + \text{Premio} (\%)$ Precio Etanol anhidro: es el precio de adquisición de etanol por parte de PEMEX Refinación, destino final en TAR; Precio Etanol anhidro referencia Houston: es el precio spot promedio de las cotizaciones altas y bajas del etanol en US Gulf Coast (USGC), publicado por Platt's Oilgram U.S. Marketscan); Costo de Logística (puerto mexicano-Houston): se refiere a los costos asociados a la exportación del producto entre la terminal de almacenamiento marítima y el punto de referencia internacional (Houston). Incluye almacenamiento, derechos y gastos aduaneros; Premio: se refiere a la remuneración adicional que cada Proveedor estima que se le pague para estar en condiciones de ofertar el producto a Petróleos Mexicanos, el cual se calcula aplicando un porcentaje al resultado entre el Precio Etanol.
Fallo:	La licitación se declaró desierta toda vez que los premios tope establecidos por PEMEX Refinación (de 19.8% para Oaxaca y 22.4% para Chiapas) fueron rebasados por las ofertas de los licitantes

Fuente: SENER con información de PEMEX

En la primera licitación, los licitantes debían ofertar un precio (proposición económica) otorgando un descuento expresado en porcentaje, mismo que sería constante durante la vigencia del contrato. Dicho descuento se aplicaría y deduciría del "Mecanismo para determinar el precio fórmula". En este mecanismo se establecía el precio unitario por unidad de medida (litro), la determinación del precio se realizaría y actualizaría en forma mensual y sería el que resultara de aplicar el descuento ofrecido por el proveedor al precio fórmula.

En cambio, en la segunda licitación PEMEX incluyó en las bases de licitación la fórmula para determinar el precio que pagarían por cada litro de etanol durante la vigencia del contrato, en ésta se tomó como referencia el precio del etanol anhidro de Houston Texas, que es el precio spot promedio de las cotizaciones altas y bajas del etanol en *US Gulf Coast*, publicado por *Platt's Oilgram U.S. Marketscan*.

Ambos esquemas de precios fueron establecidos por PEMEX bajo la lógica económica de creación de valor establecida en el artículo 7° de la Ley de Petróleos Mexicanos. Sin embargo el precio ofertado por los licitantes no resultó competitivo con el precio de oportunidad definido por PEMEX.

Debido a los resultados obtenidos en ambos procesos y a la insistencia del sector privado de que las fórmulas de precio constituyeron el factor determinante para que las licitaciones no fueran exitosas, el 7 de septiembre de 2012 PEMEX presentó a la SENER un análisis sobre las principales barreras identificadas para el desarrollo del mercado nacional de etanol, proveniente del procesamiento de la caña de azúcar, para su mezclado en gasolinas en relación con el resultado de las dos licitaciones. A cada una de las barreras identificadas asignó una ponderación de Alta, Media o Baja respecto a su incidencia en los resultados obtenidos:

- a) Alta:** Se refiere a una barrera con un impacto generalizado en la población de productores.
- b) Media:** Se refiere a una barrera con un impacto sobre el promedio de la población de productores.
- c) Baja:** Se refiere a una barrera con un impacto particular en la población de productores.

Tabla 4. Incidencias en las licitaciones de PEMEX

Barreras Identificadas	1ra Licitación	2da Licitación
Costo de oportunidad asociado a la producción de caña en México	Alta	Alta
Configuración de los ingenios para la producción de azúcar	Alta	Alta
Brechas tecnológicas para la producción de etanol anhidro	Alta	Alta
Precio máximo que PEMEX puede ofrecer	Media	Media
Plazo de inicio de suministro y duración del contrato de adquisición de etanol anhidro	Media	Media
Déficit oferta nacional	Media	Baja
Costos logísticos para el suministro de etanol anhidro	Baja	Baja
Costo de oportunidad asociado a usos de especialidad en México	Baja	Baja

Fuente: PEMEX

4. Situación en México

4.1 Sector rural

El PND contempla dentro de su cuarto eje de política pública denominado *México Próspero*, la intención de elevar la productividad del país para incrementar el crecimiento de la economía y el bienestar de las familias, así como construir el nuevo rostro del campo y del sector agroalimentario, con un enfoque de productividad, rentabilidad y competitividad que sea incluyente e incorpore el manejo sustentable de los recursos naturales.

La producción de biocombustibles se perfila como una opción para dar mayor certidumbre a la población y mejorar de manera sensible la situación económica del campo, en especial la población que vive en las zonas rurales de alta y muy alta marginación, proponiendo cambios en sus sistemas productivos e insertándolos en programas de amplio futuro, como es la producción de materia prima para la producción de biocombustibles, aprovechando los terrenos que en la actualidad se encuentran en desuso y que les podrán proporcionar un ingreso adicional.

Desde el punto de vista de desarrollo rural, la introducción del etanol anhidro puede contribuir a la creación de nuevas cadenas de valor a través de la producción de insumos (cultivos energéticos) y por ende generar más empleos, que a su vez serán la base de un desarrollo más equilibrado en los diferentes estratos, favoreciendo el ambiente de seguridad derivado de la generación de ingresos adicionales para el medio rural. Adicionalmente, los trabajos que se derivan de estas nuevas actividades servirían para mejorar las fuentes de ingresos de los campesinos, quienes tendrían la posibilidad de insertarse en un



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

proceso de diversificación productiva al participar con todos sus recursos disponibles en el cultivo de variedades que serán altamente demandadas para la fabricación de biocombustibles.

Conforme a lo señalado por la propia LPDB corresponde a la SAGARPA promover la producción de insumos para biocombustibles, por lo cual ha implementado diversas acciones, entre las que destacan:

- Desarrollo de proyectos para la investigación y/o desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología para la producción de insumos para biocombustibles, que permiten contar con paquetes tecnológicos y material vegetativo validados para las diversas condiciones agroecológicas del país.
- Instalación de una planta educativa piloto de biodiesel en puerto Madero, Chiapas, en el marco del Proyecto Mesoamérica, así como el equipamiento de laboratorios de biodiesel y etanol (Chiapas y Colima, respectivamente) para el monitoreo de los componentes con valor energético en los insumos agrícolas, contar con una base de datos sobre caracterización de insumos agrícolas para elaboración de biodiesel, etanol y sus subproductos, y apoyar en la evaluación de la calidad de los productos, en colaboración con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Lanzamiento y puesta en función del sitio en internet de bioenergéticos (www.bioenergeticos.gob.mx) para difusión de los avances en la materia, e información que sirva para la toma de decisiones de los actores de la cadena de bioenergéticos en particular y para la sociedad en general.

Por otra parte, SAGARPA cuenta con diversos esquemas de incentivos para el desarrollo de proyectos productivos para la producción de insumos para biocombustibles, el establecimiento de plantas piloto, y la instalación y puesta en marcha de proyectos de energía renovable en el sector agroalimentario. También cuenta con garantías para los créditos que complementen la inversión de este tipo de proyectos; estos esquemas de apoyo fomentan la asociación entre productores primarios e industrializadores, así como la certidumbre en la distribución racional y equitativa de los beneficios que se generan de la transformación de la biomasa, para lo que se tienen apoyos específicos incluyendo:

- Multiplicación de material vegetativo y establecimiento de cultivos energéticos a nivel comercial.
- Proyectos de plantas piloto y/o proyectos integrales.
- Garantías bajo esquema “FONAGA Verde” para proyectos de biocombustibles y/o energías renovables.
- Asociación de los productores rurales al proyecto mediante la adquisición de partes accionarias en activos fijos de empresas que procesen los diferentes materiales para la producción de etanol o biodiesel.

Se considera que, al igual que en otros países, es necesario diseñar e implementar un esquema de incentivos para el resto de la cadena productiva de los biocombustibles.

A continuación se describen las condiciones generales que existen en el sector agropecuario:

a) Capacidad nacional para la producción de insumos – potencial productivo^{/30}

En México se contemplan principalmente cuatro cultivos para la producción de etanol: caña de azúcar, sorgo grano, sorgo dulce y remolacha azucarera, de los cuales la caña de azúcar es el único cultivo con excedentes en la producción, el sorgo grano es el que mayor potencial productivo tiene de los cultivos para la producción de etanol, y el sorgo dulce es el que mayor rendimiento de litros por hectárea potencialmente podría tener, pero es un cultivo no comercial.

Tabla 5. Potencial y rendimiento de los cultivos energéticos para etanol

Cultivo	Superficie existente			Distribución de la superficie existente ^{/31}		Rendimiento del cultivo					
	Potencial productivo alto (millones de ha)	Potencial productivo medio (millones de ha)	Total (millones de ha)	Sembrada (millones de ha)	Disponible (millones de ha)	Temporal		Riego		Etanol	
						Promedio (ton/ha)	Experimental (ton/ha)	Promedio (ton/ha)	Experimental (ton/ha)	Promedio (l/ton)	Experimental (l/ton)
Caña de azúcar	1.14	5.13	6.27	0.79	5.47	65	N. D.	100	100-270	85	26-152
Sorgo grano	4.83	10.96	15.79	2.21	13.58	3	N. D.	7	N. D.	400	N. D.
Sorgo dulce	1.74	3.88	5.62	N. D.	5.62	40	N. D.	100	24-106	50	47-64
Remolacha azucarera	3.82	11	14.83	0.0003	14.83	13	N. D.	25	51-85	110	N. D.

Fuente: SENER con información de SAGARPA y de la FAO^{/32}

México cuenta con 10 variedades de caña de azúcar y, como se puede observar en el cuadro anterior, el rendimiento puede ser hasta de 270 toneladas por hectárea y de 85 litros de etanol por tonelada, mientras que en el caso del sorgo grano puede ser de hasta 7 toneladas por hectárea y 400 litros de etanol por tonelada. Los principales estados con alto potencial productivo en caña de azúcar son Veracruz, Jalisco, Tabasco, Chiapas, Nayarit y San Luis Potosí, y en sorgo grano son Tamaulipas, Sinaloa, Michoacán, Oaxaca y Jalisco.

³⁰ FAO (2008). Estudio Mundial de la Agricultura y la Alimentación.

³¹ Distribución de superficie considerando el total de hectáreas con potencial productivo alto y medio.

³² Loc cit.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

El sorgo dulce presenta condiciones similares al grano, pero con una diferencia importante en la población de plantas por hectárea, con un rendimiento de hasta 106 toneladas por hectárea y 64 litros por tonelada en situación experimental. El mayor potencial se encuentra en Sinaloa, Tamaulipas, Michoacán, Nuevo León y Oaxaca. La remolacha azucarera es un insumo con alto potencial en las partes áridas aunque aún no está muy extendida la superficie sembrada; se pueden alcanzar hasta 85 toneladas por hectárea en promedio, con un rendimiento de 110 litros por tonelada, concentrándose el mayor potencial en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Nuevo León y Tamaulipas. En ese sentido, la remolacha azucarera y el sorgo dulce han presentado buenos resultados y ya se ofrecen guías técnicas por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias para su cultivo en diferentes zonas del país.

b) Situación actual de las industrias azucarera y alcoholera

De los 54 ingenios existentes en el país, 40 tienen posibilidades de producir etanol anhidro. Por ejemplo, si esos 40 ingenios destinaran el 8.5% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 462 millones de litros anuales (véase Anexo 2).

En otro escenario, si los mismos 40 ingenios destinaran el 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas a etanol, operando 200 días durante la zafra con un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña y de 250 litros por tonelada de melaza, la capacidad de producción sería de 789 millones de litros anuales (véase Anexo 3).

El Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA) informó que durante la zafra 2012/2013 México tuvo una oferta total de 7.86 millones de toneladas de azúcar de las cuales 2.4 millones de toneladas corresponde a un excedente que se puede exportar, mientras que 865,339 toneladas excedentarias en territorio nacional, provocarían una caída en el precio del azúcar y, consecuentemente, en el precio de la caña.

Ante esta situación el CONADESUCA considera necesario diseñar una política de uso de etanol como una solución estructural de largo plazo aprovechando la oportunidad para desarrollar el mercado del etanol como una nueva opción para el sector, y que dichos excedentes de azúcar pueden traducirse en una producción de etanol de entre 645 y 839 millones de litros. Se estima que México tendrá excedentes de azúcar en los próximos años, de tal forma que la superficie destinada a la producción de la caña que genera esos excedentes podría aprovecharse para la producción de etanol que ofrezca una opción productiva a los agricultores.

c) Precios y costos

El precio internacional del etanol ha fluctuado entre 0.40 y 0.77 centavos de dólar americano por litro en el periodo de 2009 a 2012, es decir, entre 5.2 y 10 pesos por litro si se considera una paridad de 13 pesos por dólar.

En tanto, en México los costos de producción por litro de etanol a partir de caña de azúcar, de sorgo grano y de sorgo dulce oscilan entre los 6.5 y los 10.87 pesos por litro, lo cual se calcula considerando un rendimiento de 85 litros por tonelada para caña, de 400 litros por tonelada para sorgo grano y 100 litros por tonelada para sorgo dulce con dos cortes al año, más un costo fijo para costos de mano de obra y producción, así como para gastos de operación y amortizaciones, conforme a lo siguiente:

Tabla 6. Costo de producción por litro de etanol (pesos/litro)

	Caña de Azúcar		Sorgo Grano		Sorgo Dulce	
	Pesos Moneda Nacional	Porcentaje	Pesos Moneda Nacional	Porcentaje	Pesos Moneda Nacional	Porcentaje
Insumo básico	7.184	81.934	8.627	79.329	4.982	75.876
Otros insumos	0.235	2.680	0.380	3.494	0.235	3.579
Mano de obra	0.460	5.246	0.540	4.966	0.460	7.006
Costos de producción	0.302	3.444	0.295	2.713	0.302	4.599
Gastos de operación	0.016	0.182	0.026	0.239	0.016	0.244
Amortizaciones	0.387	4.414	0.752	6.915	0.387	5.894
Otros gastos	0.184	2.099	0.255	2.345	0.184	2.802
Total	8.768	100	10.875	100	6.566	100

Fuente: SENER con información de SAGARPA

Lo anterior es relevante ya que los sectores social y privado han insistido en que el precio ofertado por PEMEX no es suficiente para desarrollar la industria, y que es necesario considerar los costos de producción y de logística nacionales solicitando un precio de alrededor de 14 pesos por litro. Al respecto, los precios que la paraestatal ha ofertado obedecen a su mandato legal de crear valor económico para la empresa.

En la Tabla 7 presenta una corrida de los precios que se hubieran pagado aplicando las fórmulas de precio contempladas cada una de las licitaciones, en diferentes periodos de tiempo y con las diferentes referencias internacionales:

Tabla 7. Comparativo de precios por litro de etanol conforme a la aplicación de las fórmulas de precio de las licitaciones de 2009 y 2012 (Pesos Moneda Nacional)

Periodo	1ra Licitación	2da Licitación
2010	10.33	6.95
2011	12.63	9.19
2012	14.63	8.77
Enero-Abril 2013	12.77	8.64

Fuente: SENER con información de PEMEX

En ese contexto, las autoridades agropecuarias consideran que el sector primario cuenta con los elementos necesarios para impulsar y desarrollar la agroindustria de los biocombustibles, y que para asegurar el éxito de la introducción del etanol anhidro en nuestro país se requiere de una decisión de política, complementar los esquemas de incentivos existentes y proporcionar un precio competitivo por parte del mercado nacional, máxime que se requieren inversiones mayores de 1,000 millones de pesos para el establecimiento de plantas industriales procesadoras de etanol.

d) Seguridad alimentaria

La producción de etanol en el país a partir de caña de azúcar y de sorgo grano no afectaría la seguridad alimentaria ya que se trata de insumos que no intervienen de manera directa en la cadena de producción de alimentos o de cultivos energéticos cuyo uso está regulado, como en el caso del maíz.

La producción de etanol en el caso del sorgo puede mejorar el ingreso de los productores a través del aprovechamiento de la proteína del grano para alimento ganadero y sin afectar su abasto. En el caso de la caña de azúcar se utilizarían los excedentes de producción o bien se ampliarían las superficies de cultivo aprovechando los terrenos actualmente en desuso.

La LPDB establece dentro de su objeto promover la producción de insumos para bioenergéticos a partir de actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano, sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país, de conformidad con lo establecido en los artículos 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable. Dentro de su reglamento se establece que queda prohibido el uso del maíz para la producción de bioenergéticos, salvo que existan inventarios excedentes de producción interna para satisfacer el consumo nacional y se cuente con permiso correspondiente expedido por la SAGARPA; se puntualiza que en la producción de insumos no se realizará el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, ni se expandirá la frontera agrícola.

No obstante lo anterior, y atendiendo al debate internacional en torno a los alimentos y los biocombustibles, México debe ser cuidadoso de que una nueva política para etanol no afecte al sector alimentario, así como tener presente que las políticas de biocombustibles en el mundo llevan inherentes los siguientes riesgos:

- La disponibilidad de fuentes de suministro de alimentos puede verse afectada por la producción de biocombustibles debido a que la tierra, el agua y otros recursos productivos sean utilizados para la producción de cultivos energéticos en lugar de cultivos alimenticios. Sin embargo, estableciendo

reglas para la implementación de prácticas adecuadas en la producción de insumos programados especialmente para biocombustibles se pueden evitar afectaciones a la industria alimenticia. Incluso, se pueden utilizar productos que no intervienen en la cadena de suministro de alimentos o excedentes nacionales o regionales.

- La producción de biocombustibles puede en algunos casos aumentar los precios de los cultivos, sin embargo es importante identificar si el alza en los precios de alimentos es consecuencia directa de la producción de etanol o de factores climatológicos como las recientes sequías atípicas en EUA, Argentina, Ucrania y Sudáfrica.
- Los productores concurrirán al mercado de manera libre aprovechando la mejor oferta, lo cual puede generar desabasto en los alimentos en función de un alza en los precios del mercado de los biocombustibles. Sin embargo, en un escenario de precios estables, si los productores son socios de la empresa procesadora del etanol deberán entregar su cosecha a la planta en el precio convenido y obtendrán un alcance en base a su participación accionaria, mejorando así sus ingresos y cambiando su entorno al convertirse en industrializadores de su producto primario. Los precios de los insumos pueden negociarse previamente con el sistema de agricultura por contrato, que toma en consideración los precios del mercado de futuros.

e) Garantía a los derechos de uso de tierra, a los derechos y necesidades en el uso de agua

Con el objetivo de garantizar la viabilidad y estabilidad de los proyectos y la continuidad en el suministro de etanol a PEMEX, el uso de la tierra deberá estar amparado por los títulos de propiedad correspondiente, por agricultura por contrato o por esquemas de asociación con productores. En el caso de los derechos y necesidades de agua, los proyectos deberán estar amparados con concesiones de la Comisión Nacional del Agua. Adicionalmente deberá procurarse que la producción de etanol se base en el uso de tierras marginales o en desuso para evitar el desplazamiento de los diversos cultivos alimenticios, traducándose esto en una reconversión productiva a favor del sector rural.

4.2 Sector energético

El sector energético nacional, cuyo principal motor es la producción de hidrocarburos, enfrenta una situación delicada, pues la producción de petróleo ha venido declinando. De alcanzar un máximo de 3.3 millones de barriles diarios en 2004, a 2.5 millones de barriles en 2012, ello a pesar de que las inversiones en exploración y producción han sido crecientes. Caso similar se registra en el gas natural, mientras la demanda ha crecido, la producción ha descendido provocando que las importaciones alcancen el 34% del consumo nacional en este año.

En 2012, la producción nacional de gasolinas fue 24,259 millones de litros, de los cuales 80.57% fue gasolina Magna Resto del País (RP), 14.71% gasolina Magna Zona Metropolitana (ZM) y el 4.71% gasolina Premium. Dicha producción representó el 52.2% de los requerimientos nacionales, mientras que el 47.8% restante fue satisfecho con importación de gasolinas, de tal forma que México no está cerca de la autosuficiencia, al contrario, la demanda de gasolinas aumentará en mayor proporción que la capacidad nacional de refinación.

La mayor producción de gasolinas en el país se presentó en el 2009 con un volumen de 27,190 millones de litros de gasolinas, mientras que la mayor importación de gasolina en el país se presentó en el 2011 con un volumen de 23,037 millones de litros de gasolinas, lo que represento casi el 50% del total de la disponibilidad de gasolina nacional.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Se estima que para el periodo 2013-2025 habrá un crecimiento total del 36% en la demanda interna por gasolinas (3.47% de tasa media de crecimiento anual) alcanzando una demanda máxima de 76,950 millones de litros al año. Debido a que la capacidad de producción de gasolinas en México para ese año no se incrementará, el volumen de importaciones alcanzaría los 51,335 millones de litros anuales.

Aunque la utilización de etanol como componente de las gasolinas al 5.8% (E6) no tendría impacto en el mediano o largo plazo en la reducción de importaciones, la introducción de este biocombustible mediante una prueba de concepto permitirá al país generar experiencia en su manejo y evaluar la pertinencia de implementar una política nacional de largo plazo para el uso de etanol como biocombustible.

En las condiciones actuales de la oferta nacional, PEMEX no puede adquirir etanol bajo un esquema que implique costos adicionales o subsidios directos por parte de la paraestatal, ya que esta situación vulneraría su obligación legal de crear valor económico para la empresa. PEMEX sólo puede adquirir etanol bajo un esquema que considere la capacidad para la producción de insumos en el país, la demanda de gasolinas que puede ser remplazada sin complicar la operación regular de la empresa y que se ajuste a las siguientes premisas:

- a. PEMEX no subsidiará el precio de compra del etanol. El precio máximo debe ser comparable a una referencia internacional más el costo de la logística, por lo que el precio que PEMEX Refinación está dispuesto a pagar es el precio de importación.

De acuerdo al mecanismo de precio de importación establecido por PEMEX para la adquisición del etanol anhidro, al día de hoy no existiría ningún encarecimiento de las gasolinas del país. Asimismo, las expectativas a futuro no prevén ningún cambio significativo que pudiera revertir esta tendencia que se ha mantenido todos los meses desde enero de 2012. Se denota que en el periodo de enero de 2012 al cierre de 2013 el precio del etanol tendría que haber aumentado en promedio más que 4.3 pesos por litro, lo que en términos relativos representa un aumento de más del 47% en el precio del etanol, para provocar un encarecimiento en el costo de producción de la gasolina.

El precio del etanol se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{PE_{spot} \times (1 + CI) \times FC_1 + LI}{FC_2} \times TC + CT$$

Dónde:

PE: Precio del etanol en cada Terminal de Almacenamiento y Reparto, pesos por litro.

PE_{spot}: Promedio del precio spot (cotizaciones altas y bajas) del Etanol, publicada en Platt's Market Scan del periodo 21 del mes T-2 al 20 del mes T-1, en donde T es el mes de aplicación del precio, UScts/gal.

CI: Costos de importación del Etanol, será el porcentaje aplicable de acuerdo a los derechos de importación establecidos por la Secretaría de Economía y aplicados por el Servicio de Administración Tributaria, %.

FC₁: Factor de conversión de UScts/gal a US\$/b, 0.42

LI: Logística de importación, costo de logística incluyendo transporte marítimo y almacenamiento en terminal marítima. En el caso de Cadereyta será el costo de importación terrestre. Estos

datos serán los reportados por compañías especializadas en la importación de productos, US\$/b.

FC₂: Factor de conversión de US/b a US/lit, 158.9873

TC: Promedio de las publicaciones realizadas por el Banco de México en el Diario oficial de la Federación, comprendidas entre el día 21 del mes T-2 al día 20 del mes T-1, siendo T el mes de aplicación del precio, del tipo de cambio para solventar obligaciones denominadas en moneda extranjera pagaderas en la República Mexicana.

CT: Costo de transporte terrestre desde el punto de importación hasta cada Terminal, correspondiente a lo reportado por compañías especializadas, \$/lit.

- b. Considerar al etanol como componente de la gasolina y no como oxigenante, esto con la finalidad de atender la regionalización de la oferta. De considerar al etanol como oxigenante, tendría que ser destinado a las zonas metropolitanas de Monterrey, Guadalajara y del Valle de México.
- c. Que exista oferta regional de gasolina base de producción nacional y la flexibilidad logística para minimizar interrupciones a la operación.
- d. Que exista un diagnóstico de la ubicación de la oferta de etanol anhidro factible a entregar a PEMEX por zona de cultivo y biorefinerías. Ello con el objetivo de que PEMEX pueda identificar las inversiones necesarias en infraestructura para el manejo del etanol.
- e. Que exista una proveeduría de materias primas nacionales competitivas en la zona donde se ubican las Terminales de Almacenamiento y Reparto y que también existan proyectos industriales para producción del biocombustible con la finalidad de garantizar el suministro a Pemex.
- f. Que la oferta de etanol cumpla con los criterios de sustentabilidad de SEMARNAT bajo un esquema de certificación.

4.3 Sector ambiental

La producción de biocombustibles es una opción para ampliar la participación de las energías renovables, promover el empleo y redimensionar las fuentes de ingreso para el sector rural y, si el proceso se administra correctamente, una posibilidad para reducir las emisiones de GEI respecto de los combustibles fósiles. Sin embargo, y particularmente en el caso de los agro combustibles, si durante todo el ciclo de vida (desde la siembra del cultivo energético hasta su quema en los motores) no se implementan las prácticas adecuadas que hagan sustentable el proceso éstos pueden representar una amenaza para los recursos naturales y los intentos nacionales por mitigar la emisión de GEI a la atmósfera.

En México el artículo 1° de la LPDB establece que el objeto de la misma es la promoción y desarrollo de los Bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano y que establece las bases para, entre otras cosas, procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y gases de efecto de invernadero, utilizando para ello los instrumentos internacionales contenidos en los Tratados en que México sea parte.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Asimismo, el artículo 13 de la misma Ley establece que la SEMARNAT como autoridad en la materia tiene, entre otras, las siguientes atribuciones:

- Prevenir, controlar o evitar la contaminación de la atmósfera, aguas, suelos y sitios originada por las actividades de producción de Insumos y de Bioenergéticos.
- Vigilar para que no se realice el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola con el fin de establecer cultivos para la producción de Bioenergéticos.
- Evaluar los aspectos de sustentabilidad de los programas para el desarrollo de la producción de Insumos y de Bioenergéticos, así como el impacto de dichos programas y en consecuencia tomar las medidas correspondientes a los resultados obtenidos.
- Regular y, en su caso, expedir Normas Oficiales Mexicanas relativas a los requisitos, características, medidas de seguridad y demás aspectos que considere pertinentes, para asegurar la protección al medio ambiente en la materia.
- Vigilar e inspeccionar el cumplimiento de las Leyes y disposiciones en materia ambiental, y aplicar las sanciones correspondientes a su incumplimiento.

En ese sentido el papel del Estado Mexicano en relación al desarrollo de la bioenergía, incluidos los biocombustibles como el etanol, tiene dos aspectos:

- 1) Promover su uso con la finalidad de contribuir al mejoramiento del medio ambiente, y
- 2) Prevenir y sancionar que en su producción y uso se dañen los recursos naturales, así como emitir la regulación necesaria para tal efecto.

Por lo tanto, la SEMARNAT está obligada a velar porque las políticas públicas en materia de biocombustibles no vulneren nuestro medio ambiente y, al contrario, promuevan beneficios al respecto, así como a asegurarse que los particulares en el desarrollo de las actividades derivadas de esas políticas hagan lo conducente, sancionando cualquier infracción a la regulación ambiental, teniendo la atribución de emitir la regulación y normas oficiales que estime pertinentes.

Conforme a lo anterior, y atendiendo a que el objeto del presente estudio es analizar la viabilidad de que el Gobierno de la República implemente una nueva política para detonar la producción y uso de etanol anhidro en las gasolinas que comercializa PEMEX, la SEMARNAT, a través del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), estima que los riesgos o aspectos a considerar y, en su caso controlar, son principalmente los siguientes:

- 1) No existe evidencia científica sobre las afectaciones ambientales asociadas al MTBE que justifique prohibir su uso de manera tajante y sustituirlo con etanol a cualquier costo para el país;
- 2) La adecuada selección de tierras para la producción de biocombustibles ya que no obstante el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA México reporta una siembra anual de hasta 21 millones de ha, de las cuales se cosechan habitualmente entre 19 y 20 millones de ha, el INEGI en su Carta de Uso de Suelo y Vegetación reporta que existen más de 30 millones de ha con agricultura, de las cuales la mayoría se utiliza para la producción de alimentos de autoconsumo y queda un remanente de tierras sin uso de aproximadamente 5 millones de ha;

- 3) La expansión de la frontera agrícola ya que deben protegerse los recursos que constituyen los ecosistemas todavía funcionales para la flora y fauna, los que representan beneficios ambientales para las poblaciones humanas y aquellos que actúan como sumideros de carbono;
- 4) El correcto aprovechamiento del suelo y de los recursos hídricos ya que para producir un cultivo de manera rentable se requieren las mejores condiciones, los suelos más ricos y la mayor disponibilidad de agua y fertilizantes, de tal forma que en el mundo se ha observado que los productores buscan usar las mejores tierras para producir biomasa amenazando en muchas ocasiones a los recursos naturales y/o compitiendo con la producción de alimentos, y
- 5) Los bioenergéticos pueden contribuir a la reducción de GEI y al balance energético del país; sin embargo, también pueden generar un efecto negativo por un incremento en las emisiones nacionales y un mayor consumo de energía respecto de la que producen, así como una afectación en la calidad de los suelos, agua, aire y biodiversidad, todo lo cual depende de las prácticas que se adopten a lo largo del proceso de producción tanto en la etapa de los insumos como en la de transformación industrial y distribución.

En ese contexto, es imposible en este momento determinar si los impactos ambientales derivados de una política pública para impulsar la producción masiva de etanol en el país ya que éstos podrían ser positivos, neutros o negativos en cada una de las cadenas de valor ya que, como se mencionó, dependen de las características de los cultivos y métodos utilizados por cada productor. En el mismo sentido, es imposible determinar en este momento los costos ambientales asociados a una política de esta naturaleza.

Sin embargo, la autoridad ambiental puede determinar un estándar mínimo de prácticas a que deberá ajustarse la industria naciente del etanol, desde productores de cultivos energéticos hasta usuarios finales, a efecto de garantizar que no se generarán los posibles efectos adversos antes señalados y, en ese sentido, ha venido trabajando en la elaboración de una Norma Mexicana que establece especificaciones y requisitos para la sustentabilidad de la producción de bioenergéticos líquidos de origen vegetal, cuya finalidad es establecer los requisitos y características que deben cumplirse para considerar que un determinado biocombustible ha sido sustentable durante todo su ciclo de vida.

Al respecto, se resalta que a pesar de que la SEMARNAT tiene la atribución de emitir regulación y Normas Oficiales Mexicanas obligatorias para todo aquel que produzca insumos y bioenergéticos en el país, ha optado por un esquema más amigable a efecto de permitir el desarrollo de la industria: la emisión de una Norma Mexicana de aplicación voluntaria, que servirá como una herramienta de mercado que contribuya a garantizar la sustentabilidad de los biocombustibles para el sector transporte. Es decir, el objetivo es implementar un mecanismo que permita orientar el mercado de tal forma que la producción de bioetanol, biodiesel y bioturbosina no genere externalidades negativas, y se puedan evitar así costos ambientales mayores a los posibles beneficios derivados de su uso.

Lo anterior es relevante ya que si bien es cierto que en México no se certifica la sustentabilidad de ningún otro cultivo, también lo es que no se hace porque se trata de cultivos alimenticios y el hecho de sembrar cultivos para producir combustibles ha desatado una fuerte polémica internacional por los efectos adversos que se han registrado sobre la producción de alimentos y los recursos naturales.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Cabe mencionar que, en términos generales, las Normas Mexicanas son un conjunto de reglas y especificaciones previstas para un uso común y repetido y que pueden ser adoptadas o no por sus destinatarios, es decir, a diferencia de las Normas Oficiales Mexicanas que regulan características y especificaciones técnicas de observancia obligatoria para determinados productos o procesos, una Norma Mexicana es un estándar que los ciudadanos pueden aplicar voluntariamente con el fin de mejorar la calidad de un determinado producto o proceso y de contar con una determinada certificación que los haga más competitivos en un determinado mercado.

Así, la SEMARNAT y las instituciones involucradas en la elaboración de la Norma Mexicana antes referida (la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional, la Red Mexicana de Bioenergía A.C. y el Centro Mario Molina) consideran que es deseable que la Norma Mexicana se ajuste a los modelos internacionales de certificación a efecto de que por un lado sea una herramienta útil tanto para mercado como para exportación y, por el otro, contribuya a lograr los objetivos sociales y energéticos previstos por la LPDB, de tal forma que la misma prevea las especificaciones y requisitos de evaluación de buenas prácticas en torno a la conservación y protección al ambiente y al desarrollo social y económico del sector rural para garantizar la sustentabilidad de todo el proceso, es decir, en las fases de producción de biomasa, de transformación industrial y de mezcla y distribución, y por lo tanto han propuesto la siguiente estructura:

Objetivo: Asegurar la adopción de buenas prácticas sociales y ambientales bajo los siguientes principios:

- Principio 1. Legalidad.
- Principio 2. Planeación, monitoreo y mejora continua.
- Principio 3. Derechos humanos y laborales.
- Principio 4. Desarrollo rural y social.
- Principio 5. Seguridad alimentaria local.
- Principio 6. Derechos de tierras.
- Principio 7. Gases de efecto invernadero (GEI).
- Principio 8. Conservación.
- Principio 9. Suelo.
- Principio 10. Agua.
- Principio 11. Aire.
- Principio 12. Uso de tecnología e insumos y manejo de residuos.

Como se puede observar, la Norma Mexicana busca establecer metas comprobables para la conservación de recursos naturales y la reducción de emisiones de GEI durante todo el ciclo de vida y coadyuvar a la conducción y evaluación de la política general de desarrollo rural de tal forma que una nueva industria de etanol efectivamente eleve la calidad de vida de los productores agrícolas menos favorecidos.

Derivado de un acuerdo del Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos se estableció un cronograma ambicioso para finalizar el proyecto de norma a más tardar en octubre de 2013 para continuar con su proceso de publicación y contar con una norma vigente en el primer semestre de 2014 que permita a PEMEX asegurar la sustentabilidad del etanol en caso de que se la CIB decida iniciar un tercer proceso de adquisición. Sin embargo, la SAGARPA ha externado su preocupación respecto de la factibilidad para el campo mexicano de implementar algunas de las prácticas que se contemplan en la Norma Mexicana y considera que en este momento no es oportuno emitir una Norma con la finalidad de que su cumplimiento se contemple como un requisito en un eventual proceso de adquisición por parte de PEMEX.

Al respecto, las autoridades ambientales estiman necesario garantizar la sustentabilidad de del etanol que va a comprar el Gobierno de la República y cuyas bondades a nivel internacional han sido cuestionadas desde el punto de vista ambiental mediante una certificación nacional, aunque no descartan modificar la estructura de la Norma en cuestión y limitarla a prácticas e indicadores meramente ambientales y no sociales.

Es decir, existe apertura para que se establezcan indicadores y metas únicamente en torno al uso de suelo, al uso de agua, al balance de energía y a la reducción de emisiones de GEI a la atmósfera, no obstante lo deseable es establecer un sistema de certificación similar a los usados en otras partes del mundo y que contemplan los aspectos sociales y económicos además de los ambientales.

Por lo tanto, será necesario hacer un escurpuloso análisis técnico entre la SAGARPA y la SEMARNAT para determinar cuáles serán las metas, prácticas e indicadores que factibles de incluirse en la Norma Mexicana, y aprovechar la coyuntura de una eventual adquisición de etanol por parte de PEMEX para facilitar el proceso de emisión de la Norma, máxime que los sectores relacionados con el biodiesel y la bioturbosina han insistido sobre la necesidad y conveniencia de contar con una certificación de esta naturaleza.

5. Introducción de etanol en las gasolinas mexicanas

El principal cultivo con posibilidades de servir como insumo para producir etanol en México es la caña de azúcar, seguido por el sorgo grano. De los 54 ingenios existentes en el país, 40 tienen posibilidades de producir etanol para abastecer a PEMEX. Considerando que los 40 ingenios con posibilidades de producir etanol destinarán el 8.5% o 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles generadas, se alcanzaría una producción de hasta 462 – 789 millones de litros de etanol anuales.

En el Gráfico 1 se identifican los 40 ingenios capaces de producir etanol y los volúmenes máximos según se destine el 8 o 16 % de su molienda y el 20% de su melaza para producir etanol, los cuales serían entre 462 y 789 millones de litros al año.

Gráfico 1. Ingenios con posibilidades de producir etanol



Fuente: SAGARPA

En México actualmente no existe ninguna planta que se dedique el cien por ciento a la producción de etanol de tipo anhidro, pero se han identificado 4 proyectos interesados en la producción de este tipo de combustible. La capacidad total de los 4 proyectos es de 370.8 millones de litros anuales como se puede ver en el Gráfico 2.

Gráfico 2. Proyectos independientes para el abastecimiento de etanol



Fuente: SAGARPA

Ahora bien, a efecto de determinar la capacidad de PEMEX para la recepción y mezclado de etanol con gasolinas es necesario identificar las TAR en las que se podría introducir etanol.

Tomando en cuenta las premisas propuestas por PEMEX y la capacidad para adquirir etanol de tipo anhidro en las 19 TAR, resulta en una capacidad de compra de 498 millones de litros anuales en el año 2020.

Sólo en nueve entidades federativas existen TAR que podrían recibir etanol sin afectar significativamente su operación: Chiapas, Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí, Tamaulipas, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit y Colima, con 3 puertos para la redistribución de las gasolinas base en el Pacífico: Manzanillo, Mazatlán, Topolobampo.

A continuación se presenta la demanda potencial de etanol por TAR para el año 2020:

Gráfico 3. Demanda potencial de etanol por TAR en el año 2020 (Mdl/a)



Fuente: PEMEX

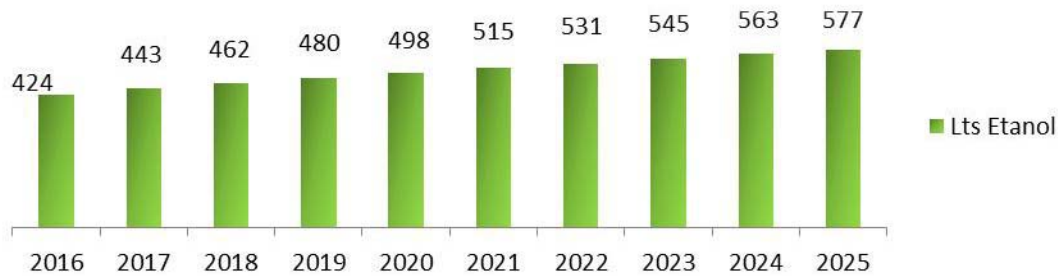
Con base en estos antecedentes, el Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos analizó y discutió diversas opciones para introducir etanol en las gasolinas que comercializa PEMEX, determinando que la opción más viable conforme a la oferta y demanda disponibles es: establecer un **esquema regional de introducción de etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna RP**. PEMEX mezclaría el volumen de etanol en aquellas TAR con factibilidad operativa para recibirlo y mezclarlo con gasolina Magna RP, a efecto de desarrollar la industria conforme a la capacidad de producción nacional disponible en el corto plazo. ³³

Partiendo de que la introducción de etanol será al 5.8% (E6) en volumen con la primera entrega en 2016 y que se requiere un contrato por 10 años de suministro para hacer viables las inversiones, los volúmenes máximos de demanda serían los siguientes:

³³ El análisis incluyó la factibilidad técnica de mezclar el etanol con gasolina por parte de PEMEX.

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

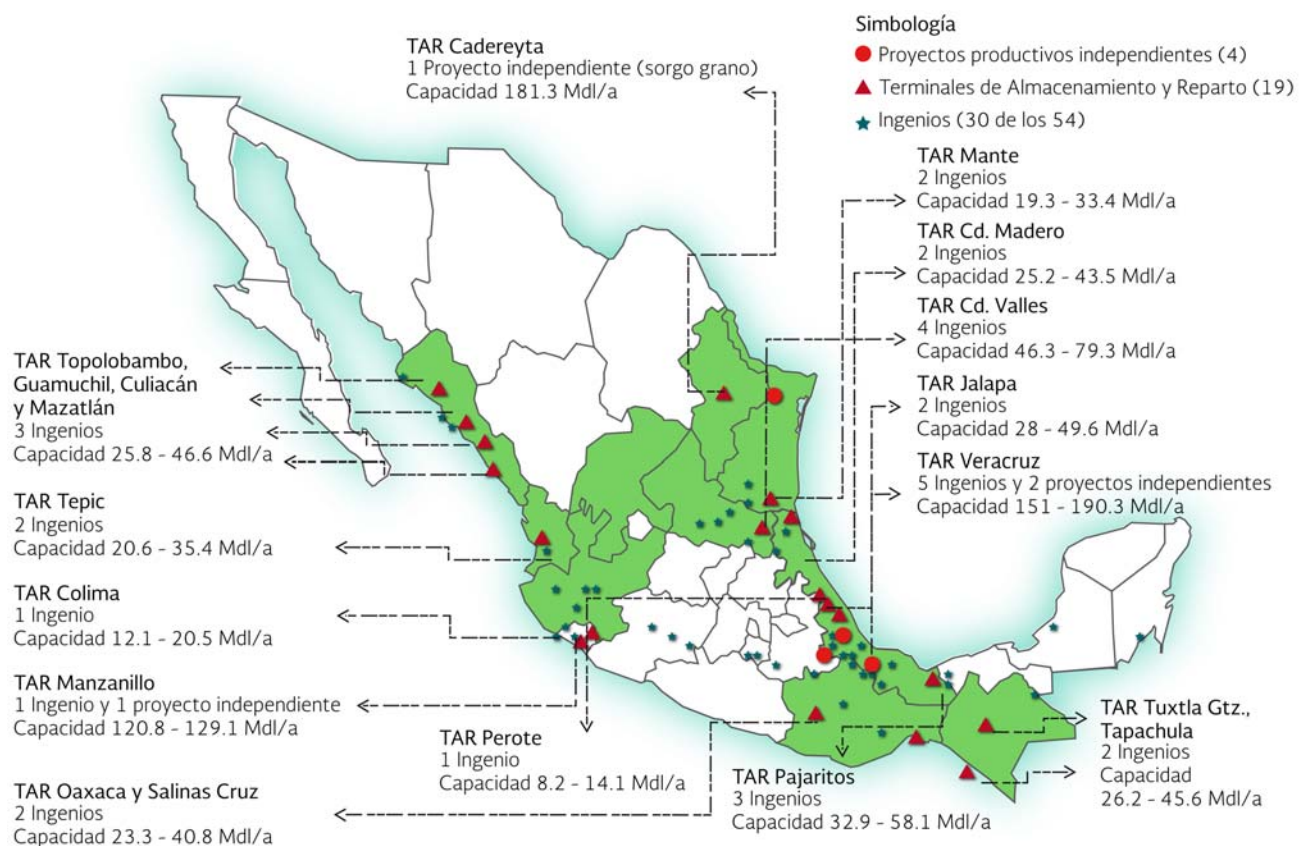
Gráfico 4. Demanda de etanol anhidro 2016-2025 (Mdl/a)



Fuente: SENER con información de PEMEX refinación

En cuanto a la ubicación de la oferta, de los 40 ingenios solamente 30 coinciden con alguna de las 19 TAR propuestas por PEMEX, los cuales sumando los 4 proyectos independientes tendrían una capacidad de producción de entre 721.2 – 967.6 millones de litros anuales, utilizando en el caso de los ingenios el 8.5% o 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles, distribuyéndose la ubicación de la oferta y la demanda de la siguiente manera:

Gráfico 5. Ubicación geográfica de la oferta y demanda de etanol anhidro



Fuente: SAGARPA



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Conforme a lo anterior, la principal concentración de la oferta se encuentra en Veracruz y Tamaulipas con 16 ingenios, 2 proyectos independientes y una capacidad de producción de hasta 410.2 millones de litros al año (52 por ciento de la producción anual total), mientras que Sinaloa, Nayarit y Colima cuentan con 4 ingenios, un proyecto independiente y una capacidad de producción de hasta 231.6 millones de litros anuales (30 por ciento de la producción anual total), quedando 7 ingenios y una capacidad de hasta 144.5 millones de litros distribuidos entre Oaxaca y Chiapas (18 por ciento de la producción total anual).

De acuerdo a las posibles oferta y demanda antes identificadas, y atendiendo a la obligación legal de PEMEX de crear en todo momento valor económico para la empresa, este Grupo de Trabajo considera que se puede implementar un **esquema regional de introducción de etanol anhidro al 5.8% (E6) como componente en gasolinas Magna RP** que funcione como prueba de concepto y permita generar experiencia en el manejo del etanol, así como evaluar los resultados obtenidos, para determinar con base en ello al conveniencia de que en el largo plazo México establezca una producción de uso nacional de etanol.

El objetivo de implementar un esquema de esa naturaleza es crear un mercado doméstico acorde a las capacidades nacionales para que PEMEX adquiera etanol anhidro que no afecte su operación, de tal forma que se desarrollen algunos proyectos productivos en regiones específicas. Este esquema será regional para abatir costos de logística y facilitar la competitividad en los precios sin la necesidad de que el Gobierno otorgue apoyos directos.

Como se menciona anteriormente, Tamaulipas, Veracruz, Nuevo León, San Luis Potosí, Oaxaca, Chiapas, Colima, Nayarit y Sinaloa presentaron una demanda potencial en 19 TAR para recibir y utilizar el etanol como componente de gasolinas, con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 498 millones de litros anuales. Esta demanda puede ser atendida mediante 30 ingenios con cierta cercanía a alguna de las 19 TAR y por 4 proyectos independientes (Biomex, Central Energética Atoyac, Grupo Báltico, e Isthmus Energía Verde) que en total suman una capacidad potencial de producción de entre 721.2 – 967.6 millones de litros anuales, utilizando en el caso de los ingenios el 8.5% o 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles.

Para promover el proceso de introducción de etanol en las gasolinas y tener resultados en la presente administración, PEMEX tendría que iniciar con el proceso de adquisición en el primer trimestre de 2014 y comenzar con el suministro a finales del 2016, así como realizar inversiones en infraestructura de entre 43 y 72 millones de pesos por TAR, dependiendo de las terminales seleccionadas. La gasolina base se elaborará en las refinerías cercanas a las TAR. Se cuenta con 3 puertos para la redistribución de las gasolinas base en el Pacífico: Manzanillo, Mazatlán y Topolobampo.

El esquema regional propuesto tiene la ventaja de ser flexible en cuanto a su implementación, ya que puede iniciar con uno o dos proyectos en el corto plazo, en el mediano plazo con alguno de los 19 proyectos en diferentes TAR y en el largo plazo pueden escalarse a todas las gasolinas del tipo magna RP del país.

Cabe mencionar que en función de las cartas de intención de venta recibidas, en una primera etapa únicamente se licitarán 8 TAR ubicadas en Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 190 millones de litros anuales. Dependiendo de los resultados de esta primera etapa se decidirá si se procede o no a una licitación de las 11 TAR restantes.

El precio máximo que Pemex puede ofrecer es el comparable a la referencia internacional del etanol anhidro más el costo de la logística y una vigencia del contrato por 10 años de suministro, y la inversión necesaria para el manejo de aproximadamente 23.5 millones de litros diarios de gasolina base en refinería y/o en terminal marítima será de 1,799 millones de pesos.

También se estima una inversión de 1,145 millones de pesos en infraestructura para el almacenaje, dicha inversión incluiría tanquería, descargadoras y sistemas de dosificación y calentamiento para el almacenamiento de 23.5 millones de litros diarios de gasolina base y 1.36 millones de litros diarios de etanol, con una autonomía de 10 días, por lo que la inversión total estimada de PEMEX asciende a 2,944 millones de pesos. Sin embargo, para la primera etapa de 8 TAR se estima una inversión total de PEMEX de 879 millones de pesos.

Se estima que los montos aproximados de las inversiones y de los beneficios para los sectores social y privado en función del insumo utilizado serían los siguientes:

Tabla 8. Proyección económica para la producción de etanol a partir de caña de azúcar

Año	Demanda de etanol (Mdl/a)	Superficie requerida (Ha)	Inversiones en la Planta (MDP)	Inversión en el Campo (MDP)	Empleos Permanentes generados	Ventas (MDP)
2020	348.6	41,012	4382	1,230	9,114	32,490

Fuente: SENER con información de SAGARPA

Lo anterior considerando las siguientes condiciones:

- Que el 70% de la demanda potencial se abastezca con etanol de caña de azúcar.
- Rendimientos de 100 toneladas de caña de azúcar por hectárea.
- Rendimientos de 85 litros de etanol por tonelada.
- Planta con capacidad de 200 millones de litros de etanol por año con un costo de 2,514 MDP.
- Costo de paquete tecnológico de \$30,000 por hectárea, con un requerimiento de 60 jornales por hectárea y un equivalente de 270 jornales como un empleo permanente.

Tabla 9. Proyección económica para la producción de etanol a partir de sorgo grano

Año	Demanda de etanol (Mdl/a)	Superficie requerida (Ha)	Inversiones en la Planta (MDP)	Inversión en el Campo (MDP)	Empleos Permanentes generados	Ventas (MDP)
2020	149.4	53,357	1,245	830	2,964	13,924

Fuente: SENER con información de SAGARPA

Lo anterior considerando las siguientes condiciones:

- Que el 30% de la demanda se abastezca con etanol de sorgo grano.
- Rendimientos de 7 toneladas de sorgo por hectárea.
- Rendimiento de 400 litros de etanol por tonelada.
- Planta con capacidad de 180 millones de litros por año con un costo de 1,500 MDP.
- Costo de paquete tecnológico de \$15,559 por hectárea, con un requerimiento de 15 jornales por hectárea y un equivalente de 270 jornales como un empleo permanente.

Conclusiones

El Gobierno Federal tiene la obligación de promover la producción y utilización de los biocombustibles en el país como una medida para contribuir al desarrollo rural, a la diversificación energética y a la protección del medio ambiente, mediante la reducción de gases de efecto invernadero según lo establecido en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

Para el caso del etanol se han planteado diversas opciones, principalmente el establecimiento de metas obligatorias en su uso a nivel nacional y el otorgamiento de subsidios para impulsar el uso nacional de los biocombustibles, tal y como ha ocurrido en Estados Unidos y Brasil. Sin embargo, por las condiciones tanto del sector agropecuario y de PEMEX, se considera que la ruta para que México incursione en la producción y uso del etanol consiste en establecer un plan para generar experiencia en el manejo del mismo en cantidades moderadas, y que dicha experiencia sirva como elemento de evaluación integral (aspectos económicos, sociales y ambientales) de mediano plazo para determinar la conveniencia de establecer una política pública más agresiva en el largo plazo.

Actualmente existen condiciones coyunturales para generar experiencia en el manejo del etanol y PEMEX tiene la disposición de adquirir este biocombustible para mezclarlo con las gasolinas en aquellas TAR que no afecten significativamente sus operaciones. La intención de que sea un esquema regional es acercar la oferta y la demanda para abatir costos de logística y facilitar la competitividad en los precios sin la necesidad de que el Gobierno otorgue apoyos directos.

El esquema regional de introducción de etanol podrá ejecutarse bajo las siguientes condiciones:

- **Finalidad:** Ejecutar una prueba de concepto que permita generar experiencia en el manejo de etanol y evaluar los resultados obtenidos como un elemento para determinar en el mediano plazo si es conveniente para México incursionar en el establecimiento de un política pública de mayor alcance para la producción y uso de etanol en todo el territorio nacional.
- **Meta:** Introducir etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna RP que abastezcan cantidades moderadas de etanol en Terminales de Almacenamiento y Reparto aptas para tal efecto.
- **Demanda potencial:** Existen 19 TAR aptas para recibir etanol en los estados de Chiapas, Colima, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz que pueden recibir y utilizar etanol como componente de gasolina, con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 498 millones de litros anuales. Cabe mencionar que en función de las cartas de intención de venta recibidas, en una primera etapa únicamente se licitarán 8 TAR ubicadas en Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 190 millones de litros anuales. Dependiendo de los resultados de esta primera etapa se decidirá si se procede o no a una licitación de las 11 TAR restantes.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

- **Oferta potencial:** Existen 51 ingenios en el país, de los cuales 40 pueden producir etanol. Si esos 40 ingenios destinan a la producción de etanol el 8.5% o el 16% de su capacidad de molienda y un 20% de mieles, podrían alcanzar una producción máxima de 462 y 789 millones de litros de etanol anuales, respectivamente. Asimismo, existen 4 proyectos independientes que pueden alcanzar una producción máxima de 370.8 millones de litros anuales, uno a base de sorgo y tres 3 a partir de caña de azúcar.
- **Oferta potencial cruzada con la demanda potencial:** Solamente 30 ingenios tienen cercanía con alguna de las 19 TAR identificadas por PEMEX como aptas para recibir etanol, siendo que la producción máxima que pueden alcanzar esos ingenios junto con los 4 proyectos independientes es de entre 721.2 o 967.6 millones de litros anuales dependiendo de si los ingenios utilizan el 8.5% o 16.0% de su capacidad de molienda y el 20% de mieles.
- **Precio:** El precio máximo que PEMEX puede ofrecer es comparable a la referencia internacional del etanol anhidro más el costo de la logística y los costos de internación. Al respecto, se plantea un contrato con un plazo de 10 años de suministro. Asimismo, el suministro de etanol iniciaría a más tardar 36 meses después de que se anuncien los ganadores de la(s) licitación(es) pública(s). Lo anterior, para permitir la construcción del proyecto industrial de etanol, organizar los contratos de suministro agrícola y construir la infraestructura de almacenamiento y dosificación en las TAR de PEMEX.

El Grupo de Trabajo para la Introducción de Bioenergéticos identificó elementos importantes de las condiciones actuales del país con base en las cuales propone a la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos discutir y, en su caso aprobar, la ejecución de una estrategia en el corto plazo con base en las siguientes líneas de acción:

Primera.- La prueba de concepto no contempla la instrumentación de nuevos incentivos económicos o fiscales, por lo que cada integrante de la CIB deberá identificar, con carácter informativo, los esquemas de apoyo existentes para la producción de biocombustibles y de sus insumos. La información recabada deberá compilarse y publicarse en un lapso no mayor a 3 meses.

Segunda.- Ejecutar un esquema regional de introducción de etanol anhidro al 5.8% (E6) en gasolinas Magna RP para impulsar algunos proyectos que abastezcan cantidades moderadas de etanol en Terminales de Almacenamiento y Reparto aptas para tal efecto, y así generar experiencia en el manejo de etanol bajo las siguientes condiciones:

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Ubicación y tamaño de la demanda:	Chiapas, Colima, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, a través de 19 TAR que pueden recibir y utilizar etanol como componente de gasolina, con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 498 millones de litros anuales. Cabe mencionar que en función de las cartas de intención de venta recibidas, en una primera etapa únicamente se licitarán 8 TAR ubicadas en Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz con requerimientos aproximados para el año 2020 de hasta 190 millones de litros anuales. Dependiendo de los resultados de esta primera etapa se decidirá si se procede o no a una licitación de las 11 TAR restantes.
Ubicación y tamaño de la oferta:	30 ingenios azucareros con cierta cercanía a alguna de las 19 TAR, y 4 proyectos independientes que en total tendrían una capacidad de producción de entre 721.2 – 967.6 millones de litros anuales, utilizando en el caso de los ingenios el 8.5% o 16% de su capacidad de molienda y un 20% de las mieles.
Inversiones necesarias en PEMEX:	Entre 43 y 72 millones de pesos por TAR, dependiendo de las terminales seleccionadas. Aproximadamente 1,799 millones de pesos en infraestructura para el manejo de 23.5 millones de litros diarios de gasolina base en refinería y/o en terminal marítima. Aproximadamente 1,145 millones de pesos en tanquería, descargadoras y sistemas de dosificación y calentamiento para el almacenamiento de 23.5 millones de litros diarios de gasolina base y 1.36 millones de litros diarios de etanol, con una autonomía de 10 días. La inversión total estimada de PEMEX sería de 2,944 millones de pesos. Para la primera etapa de 8 TAR se estima una inversión total de PEMEX de 879 millones de pesos.
Precio:	El precio máximo que PEMEX puede ofrecer es comparable a la referencia internacional del etanol anhidro más el costo de la logística y la vigencia del contrato será por 10 años de suministro. Asimismo el suministro de etanol iniciará entre 2 y 3 años después de que se anuncien los ganadores de la(s) licitación(es) pública(s), lo anterior para permitir la construcción del proyecto industrial de etanol y organizar los contratos de suministro agrícola.

Los cultivos principales para abastecer la demanda de PEMEX son el sorgo grano y la caña de azúcar, considerándose viable que el 70% sea atendido con caña de azúcar y el otro 30% con sorgo en tierras que actualmente se cultivan. Se calcula que para el año 2020, 41 mil hectáreas de caña de azúcar podrán atender una demanda anual de etanol por 348.6 millones de litros, lo que requerirá inversiones por aproximadamente 1,230 millones de pesos en el campo, 4,382 millones de pesos para adaptar las biorefinerías, y el aseguramiento de 9 mil empleos permanentes.

En el caso del sorgo grano se calcula que 53 mil hectáreas podrán atender una demanda anual de etanol por 143.4 millones de litros, lo que requerirá inversiones por aproximadamente 828 millones de pesos en el campo, 1,245 millones de pesos para adaptar las biorefinerías, y el aseguramiento de 3 mil empleos permanentes.

Tercera.- Realizar una tercera licitación que contemple la coincidencia entre la oferta y la demanda, y que exista el interés de los particulares para vender etanol bajo las condiciones de precios que PEMEX puede pagar. Cabe mencionar que se han identificado al menos tres empresas que están dispuestas a vender bajo esas condiciones.

Cuarta.- Para que la licitación sea exitosa, se sugiere realizar en el mes de mayo una pre-licitación que sirva como base para establecer los términos y condiciones de compra que permita publicar la convocatoria respectiva en el mes de julio.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Quinta.- Diseñar los términos de referencia para la contratación de un experto que en el mediano plazo implemente una metodología para i) sistematizar la información con que cuentan las dependencias que integran la CIB y PEMEX, y ii) evaluar, en el transcurso de los dos primeros años de operación de la prueba de concepto, aquellos elementos que permitan definir la viabilidad de establecer una política pública de etanol con alcance nacional en el mediano o largo plazo. Este estudio metodológico deberá elaborarse con una perspectiva social, ambiental, económica y legal.

Sexta.- Emitir una Norma Mexicana para certificar la sustentabilidad de la producción de biocombustibles de origen vegetal para el sector transporte, que sea de aplicación voluntaria y que permita garantizar la sustentabilidad de los proyectos de etanol.

Anexo 1

El etanol y tendencias en su desarrollo tecnológico

El etanol es un alcohol proveniente de un carbohidrato que puede ser obtenido de diversas fuentes como almidones o azúcares y que se utiliza en las industrias química, farmacéutica, cosmética y de bebidas alcohólicas. También es utilizado en el sector transporte ya sea como combustible directo en los vehículos denominados *Flex-fuel*, como oxigenante o como componente en la formulación de gasolinas, para lo cual se requiere que el etanol sea anhidro, es decir, con muy bajo contenido de agua y una pureza del 99.5% al 99.9%. De conformidad con la definición de la FAO, es un combustible producido directa o indirectamente a partir de la biomasa, y de acuerdo con la fuente de la que proviene se puede clasificar en primera, segunda o tercera generación, conforme a lo siguiente:

- a) Primera generación:** Son aquellos biocombustibles que provienen de cultivos alimenticios y que se procesan por medios convencionales, por ejemplo el etanol que se obtiene de materiales ricos en azúcares simples, como caña de azúcar y sorgo dulce y los abundantes en almidón como papa, camote y cereales a través de procesos de fermentación y destilación; o el biodiesel que se obtiene de semillas oleaginosas como cártamo o girasol a través de procesos de transterificación, que es un proceso químico en el que los aceites y grasas se someten a una reacción con un alcohol, normalmente metanol, en presencia de un catalizador, normalmente una base.
- b) Segunda generación:** Son aquellos biocombustibles que se elaboran a partir de materias primas que pueden convertirse en celulosa, como los desechos de los cultivos, el aserrín o plantas con un alto contenido de materia lignocelulósica. La tecnología para obtener etanol celulósico no es madura ya que una gran parte se encuentra en experimentación, pero se prevén resultados satisfactorios en el corto plazo que permitan su implementación.
- c) Tercera generación:** Son aquellos biocombustibles que provienen de cultivos específicos no alimentarios y que tienen ventajas potenciales muy concretas; como las algas, que tienen un potencial energético que puede llegar a ser 30 veces mayor que el de los cultivos energéticos en tierra, capturan una gran cantidad de energía solar y se reproducen rápidamente. Existen algas que de manera natural producen etanol. Sin embargo, la tecnología y los procesos de producción para desarrollar este tipo de bioenergéticos aún se encuentran en etapa experimental, por lo que su producción comercial no es económicamente viable al día de hoy.

Los insumos y las tecnologías disponibles en este momento para la producción de etanol anhidro a gran escala se limitan a la primera generación, es decir, aquel que se produce a partir de varios cultivos en plantas procesadoras o biorefinerías. Se obtiene a partir de procesos de fermentación enzimática después de un pre-tratamiento mecánico que consiste en triturar o moler la biomasa para extraer los azúcares. En el caso de cultivos ricos en almidón como el maíz o sorgo se requiere de un paso extra entre la molienda y la fermentación que consiste en descomponer las moléculas de almidón en azúcares a través de enzimas. Posterior a la fermentación, el producto se debe destilar para remover la levadura y los subproductos y finalmente, se deshidrata.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Anexo 2

Ingenios azucareros en el país con una capacidad de molienda de más de 5,000 toneladas de caña por día (8.5% de la molienda)									
#	Nombre	Estado	Municipio	Promedio diario de molienda Zafra 2012-13 (Ton)	Producción etanol anual Mdl/a (8.5%)	Miel producida en 2011 (Ton)	Etanol a partir del 20% de melazas (Mdl)	Producción total de Etanol (Caña + Miel) Mdl	Destilería
1	Santa Clara	Michoacán	Tocumbo	4,359.21	6.3	17,899	0.9	7.2	No
2	Huixtla	Chiapas	Huixtla	6,975.25	10.1	34,362	1.7	11.8	No
3	Cía. Azucarera La Fe (Pujilic)	Chiapas	Venustiano Carranza	8,234.95	11.9	49,365	2.5	14.4	Si
4	Queseria	Colima	Cuauhtémoc	6,622.37	9.6	50,046	2.5	12.1	No
5	Melchor Ocampo	Jalisco	Autlán de Navarro	5,444.04	7.9	30,350	1.5	9.4	No
6	San Francisco Ameca	Jalisco	Ameca	6,491.92	9.4	38,677	1.9	11.3	No
7	Tamazula	Jalisco	Tamazula	6,568.90	9.5	35,410	1.8	11.3	Si
8	Tala	Jalisco	Tala	--	0.0	62,248	3.1	3.1	No
9	Emiliano Zapata	Morelos	Zacatepec de Hidalgo	6,879.10	9.9	43,260	2.2	12.1	No
10	El Molino	Nayarit	Tepic	4,363.90	6.3	28,790	1.4	7.7	Si
11	Puga	Nayarit	Tepic	7,210.46	10.4	50,505	2.5	12.9	No
12	La Margarita	Oaxaca	Acatlán de Pérez Fig.	5,505.57	8.0	29,700	1.5	9.4	No
13	Adolfo López Mateos	Oaxaca	Tuxtepec	8,228.90	11.9	39,714	2.0	13.9	No
14	Atencingo	Puebla	Chietla	9,485.44	13.7	63,864	3.2	16.9	No
15	San Rafael de Pucté	Quinta Roo	Othón P. Blanco	7,959.87	11.5	55,036	2.8	14.3	No
16	Plan de Ayala	San Luis Potosí	Cd. Valles	5,627.40	8.1	34,200	1.7	9.8	No
17	Alianza Popular	San Luis Potosí	Tamasopo	5,654.67	8.2	30,179	1.5	9.7	No
18	Plan de San Luis	San Luis Potosí	Cd. Valles	6,738.05	9.7	42,193	2.1	11.8	No
19	San Miguel del Naranjo	San Luis Potosí	El Naranjo	7,810.72	11.3	74,144	3.7	15.0	No
20	El Dorado	Sinaloa	Culiacán	3,930.42	5.7	16,948	0.8	6.5	No
21	Los Mochis	Sinaloa	Ahome	6,778.38	9.8	14,735	0.7	10.5	Si
22	Prozucar (La Primavera)	Sinaloa	Navolato	5,654.17	8.2	11,034	0.6	8.7	No
23	Santa Rosalía	Tabasco	H. Cárdenas	4,151.65	6.0	18,972	0.9	6.9	No
24	Presidente Benito Juárez	Tabasco	H. Cárdenas	7,151.50	10.3	28,527	1.4	11.8	No
25	El Mante	Tamaulipas	Cd. Mante	4,759.09	6.9	32,639	1.6	8.5	No
26	Aarón Sáenz Garza (Xicoténcatl)	Tamaulipas	Xicoténcatl	6,226.82	9.0	36,750	1.8	10.8	Si
27	Cuatoto-lapam	Veracruz	Hueyapan de Ocampo	3,901.02	5.6	13,672	0.7	6.3	No
28	Constancia	Veracruz	Tezonapa	4,643.34	6.7	29,672	1.5	8.2	Si
29	La Providencia *	Veracruz	Cuichapa	4,745.27	6.9	22,510	1.1	8.0	Si

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Ingenios azucareros en el país con una capacidad de molienda de más de 5,000 toneladas de caña por día (8.5% de la molienda)									
#	Nombre	Estado	Municipio	Promedio diario de molienda Zafra 2012-13 (Ton)	Producción etanol anual Mdl/a (8.5%)	Miel producida en 2011 (Ton)	Etanol a partir del 20% de melazas (Mdl)	Producción total de Etanol (Caña + Miel) Mdl	Destilería
30	Nuevo San Francisco	Veracruz	Lerdo de Tejada	2,222.37	3.2	12,222	0.6	3.8	No
31	Zapoapita	Veracruz	Pánuco	6,498.61	9.4	44,797	2.2	11.6	No
32	El Higo	Veracruz	El Higo	7,823.15	11.3	45,575	2.3	13.6	No
33	El Modelo	Veracruz	La Antigua	6,545.33	9.5	25,995	1.3	10.8	No
34	Central Motzorongo	Veracruz	Tezonapa	8,892.90	12.9	42,540	2.1	15.0	No
35	San Pedro	Veracruz	Lerdo de Tejada	7,076.48	10.2	18,400	0.9	11.1	Si
36	Tres Valles	Veracruz	Tres Valles	10,985.27	15.9	53,337	2.7	18.5	No
37	La Gloria	Veracruz	Úrsulo Galván	10,480.80	15.1	40,844	2.0	17.2	Si
38	El Potrero *	Veracruz	Atoyac	10,081.36	14.6	47,475	2.4	16.9	Si
39	San Cristóbal *	Veracruz	Carlos A. Carrillo	13,511.06	19.5	66,322	3.3	22.8	Si
40	San José de Abajo	Veracruz	Cuitláhuac	-	-	-	-	20.0	-
Capacidad de producción total en Millones de litros					370		72	462	

Fuente: Datos de melazas obtenidos del Servicio de Información Agroindustrial y Pesquero 2011
Nota: Información obtenida en el Manual Azucarero Mexicano

8.50%	Escenario 1
85	Rendimiento de etanol por tonelada (L/Ton)
200	Número de días zafra
250	Rendimiento melazas L por Ton
20.00%	Porcentaje de melaza utilizada

Capacidad de producción total: 462 Mdl

- El 8.5% de la capacidad de molienda se destina a etanol.
- 1 tonelada de caña produce 85 L de etanol.
- Se operan 200 días durante la zafra.
- 1 tonelada de melaza produce 250 L de etanol.
- Se destina el 20% de las mieles producidas por ingenio.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Anexo 3

Ingenios azucareros en el país con una capacidad de molienda de más de 5,000 toneladas de caña por día (16% de la molienda)									
#	Nombre	Estado	Municipio	Promedio diario de molienda Zafra 2012-13 (Ton)	Producción Etanol anual Mdl/a (16%)	Miel producida en 2011 (Ton)	Etanol a partir del 20% de melazas (Mdl)	Producción total de Etanol (Caña + Miel) Mdl	Destilería
1	Santa Clara	Michoacán	Tocumbo	4,359.21	11.9	17,899	0.9	12.8	No
2	Huixtla	Chiapas	Huixtla	6,975.25	19.0	34,362	1.7	20.7	No
3	Cía. Azucarera La Fe (Pujilic)	Chiapas	Venustiano Carranza	8,234.95	22.4	49,365	2.5	24.9	Si
4	Quesería	Colima	Cuauhtémoc	6,622.37	18.0	50,046	2.5	20.5	No
5	Melchor Ocampo	Jalisco	Autlán de Navarro	5,444.04	14.8	30,350	1.5	16.3	No
6	San Francisco Ameca	Jalisco	Ameca	6,491.92	17.7	38,677	1.9	19.6	No
7	Tamazula	Jalisco	Tamazula	6,568.90	17.9	35,410	1.8	19.6	Si
8	Tala	Jalisco	Tala		0.0	62,248	3.1	3.1	No
9	Emiliano Zapata	Morelos	Zacatepec de Hidalgo	6,879.10	18.7	43,260	2.2	20.9	No
10	El Molino	Nayarit	Tepic	4,363.90	11.9	28,790	1.4	13.3	Si
11	Puga	Nayarit	Tepic	7,210.46	19.6	50,505	2.5	22.1	No
12	La Margarita	Oaxaca	Acatlán de Pérez Fig.	5,505.57	15.0	29,700	1.5	16.5	No
13	Adolfo López Mateos	Oaxaca	Tuxtepec	8,228.90	22.4	39,714	2.0	24.4	No
14	Atencingo	Puebla	Chietla	9,485.44	25.8	63,864	3.2	29.0	No
15	San Rafael de Pucté	Quinta Roo	Othón P. Blanco	7,959.87	21.7	55,036	2.8	24.4	No
16	Plan de Ayala	San Luis Potosí	Cd. Valles	5,627.40	15.3	34,200	1.7	17.0	No
17	Alianza Popular	San Luis Potosí	Tamasopo	5,654.67	15.4	30,179	1.5	16.9	No
18	Plan de San Luis	San Luis Potosí	Cd. Valles	6,738.05	18.3	42,193	2.1	20.4	No
19	San Miguel del Naranjo	San Luis Potosí	El Naranjo	7,810.72	21.2	74,144	3.7	25.0	No
20	El Dorado	Sinaloa	Culiacán	3,930.42	10.7	16,948	0.8	11.5	No
21	Los Mochis	Sinaloa	Ahome	6,778.38	18.4	14,735	0.7	19.2	Si
22	Prozucar (La Primavera)	Sinaloa	Navolato	5,654.17	15.4	11,034	0.6	15.9	No
23	Santa Rosalía	Tabasco	H. Cárdenas	4,151.65	11.3	18,972	0.9	12.2	No
24	Presidente Benito Juárez	Tabasco	H. Cárdenas	7,151.50	19.5	28,527	1.4	20.9	No
25	El Mante	Tamaulipas	Cd. Mante	4,759.09	12.9	32,639	1.6	14.6	No
26	Aarón Sáenz Garza (Xicoténcatl)	Tamaulipas	Xicoténcatl	6,226.82	16.9	36,750	1.8	18.8	Si
27	Cuatoto-lapam	Veracruz	Hueyapan de Ocampo	3,901.02	10.6	13,672	0.7	11.3	No
28	Constancia	Veracruz	Tezonapa	4,643.34	12.6	29,672	1.5	14.1	Si
29	La Providencia *	Veracruz	Cuichapa	4,745.27	12.9	22,510	1.1	14.0	Si

ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Ingenios azucareros en el país con una capacidad de molienda de más de 5,000 toneladas de caña por día (16% de la molienda)									
#	Nombre	Estado	Municipio	Promedio diario de molienda Zafra 2012-13 (Ton)	Producción Etanol anual Mdl/a (16%)	Miel producida en 2011 (Ton)	Etanol a partir del 20% de melazas (Mdl)	Producción total de Etanol (Caña + Miel) Mdl	Destilería
30	Nuevo San Francisco	Veracruz	Lerdo de Tejada	2,222.37	6.0	12,222	0.6	6.7	No
31	Zapoapita	Veracruz	Pánuco	6,498.61	17.7	44,797	2.2	19.9	No
32	El Higo	Veracruz	El Higo	7,823.15	21.3	45,575	2.3	23.6	No
33	El Modelo	Veracruz	La Antigua	6,545.33	17.8	25,995	1.3	19.1	No
34	Central Motzorongo	Veracruz	Tezonapa	8,892.90	24.2	42,540	2.1	26.3	No
35	San Pedro	Veracruz	Lerdo de Tejada	7,076.48	19.2	18,400	0.9	20.2	Si
36	Tres Valles	Veracruz	Tres Valles	10,985.27	29.9	53,337	2.7	32.5	No
37	La Gloria	Veracruz	Úrsulo Galván	10,480.80	28.5	40,844	2.0	30.5	Si
38	El Potrero *	Veracruz	Atoyac	10,081.36	27.4	47,475	2.4	29.8	Si
39	San Cristóbal *	Veracruz	Carlos A. Carrillo	13,511.06	36.8	66,322	3.3	40.1	Si
40	San José de Abajo	Veracruz	Cuitláhuac	-	-	-	-	20.0	-
Capacidad de producción total en Millones de litros					697		72	789	

Fuente: Datos de melazas obtenidos del SIAP 2011
 Nota: Información obtenida en el Manual Azucarero Mexicano
 (*) Destilería o Fábrica de Alcohol fuera de Servicio, prácticamente desmantelada

16.00%	Escenario 2
85	Rendimiento de etanol por tonelada (L/Ton)
200	Número de días zafra
250	Rendimiento melazas L por Ton
20.00%	Porcentaje de melaza utilizada

Capacidad de producción total: 789 Mdl

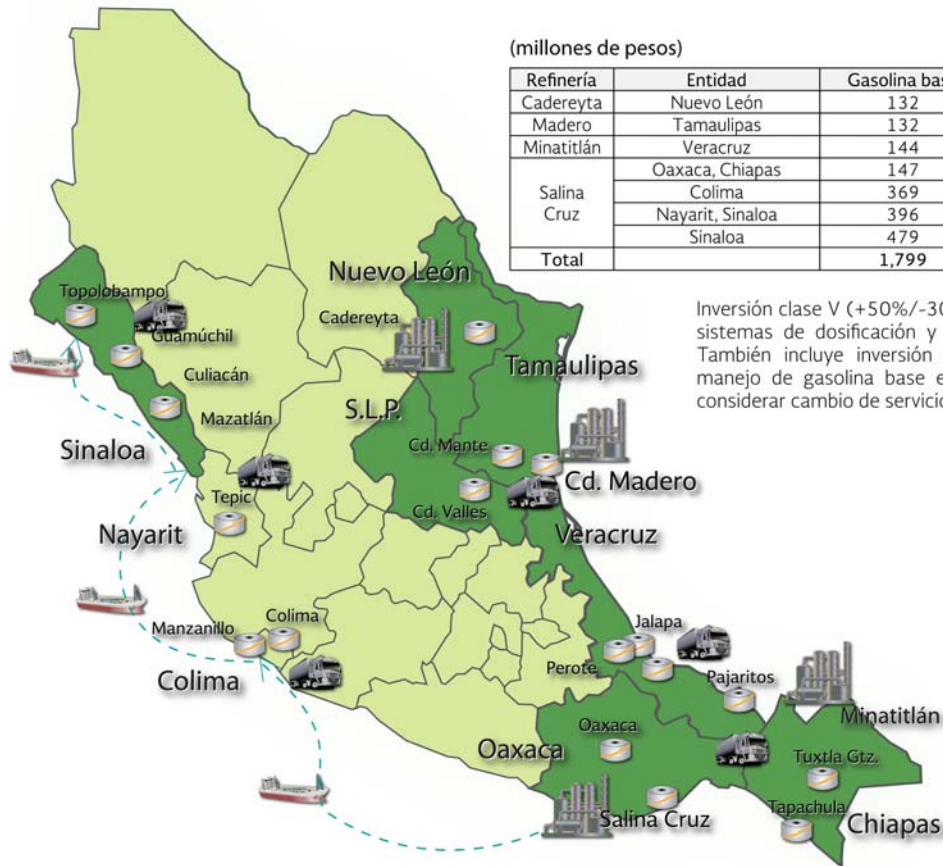
- El 16% de la capacidad de molienda se destina a etanol.
- 1 tonelada de caña produce 85 L de etanol.
- Se operan 200 días durante la zafra.
- 1 tonelada de melaza produce 250 L de etanol.
- Se destina el 20% de las mieles producidas por ingenio.



ANÁLISIS Y PROPUESTA PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO EN LAS GASOLINAS QUE COMERCIALIZA PEMEX

Anexo 4

Inversión potencial de etanol por Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR)



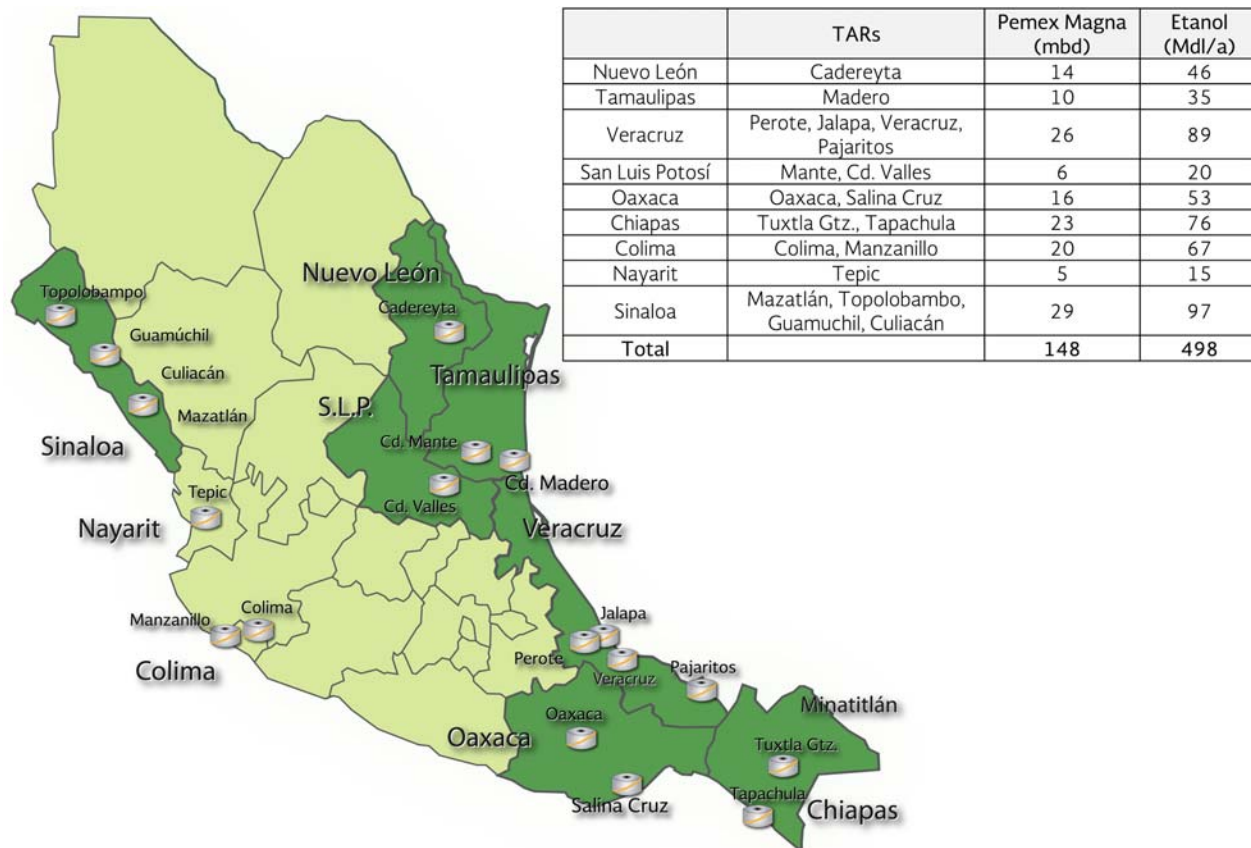
(millones de pesos)

Refinería	Entidad	Gasolina base	Etanol (TAR's)	Total
Cadereyta	Nuevo León	132	72	204
Madero	Tamaulipas	132	170	302
Minatitlán	Veracruz	144	229	373
Salina Cruz	Oaxaca, Chiapas	147	254	401
	Colima	369	120	489
	Nayarit, Sinaloa	396	118	514
	Sinaloa	479	182	661
Total		1,799	1,145	2,944

Inversión clase V (+50%/-30%). Incluye tanquería, descargaderas y sistemas de dosificación y calentamiento para etanol en TAR's. También incluye inversión necesaria para el almacenamiento y manejo de gasolina base en refinería y/o terminal marítima sin considerar cambio de servicio.

Anexo 5

Demanda potencial de etanol al año 2020 por Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR)





Bibliografía

- Bevill, K. (2011). "By Train, By Truck, or By Boat: How ethanol moves and where it's going". *Ethanol Producer Magazine*., pp. 61 - 65.
- Blume, D. (2007). *Alcohol can be a gas!* IIEA, U.S.A.
- Buarque de Hollanda, J., & Douglas Poole, A. (2001). *Sugarcane as an Energy Source in Brazil*. Noviembre, Brazil: INEE.
- Budny, D., & Sotero, P. (2007). *Brazil Institute Special Report: The Global Dynamics of Biofuels*. Institute of the Woodrow Wilson International Center., Brazil.
- California Environmental Protection Agency. (2013). *California Environmental Protection Agency*. Recuperado el 29 de julio de 2013, de Air Resources Board: <http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2005). *Ley de Desarrollo Rural Sustentable de la Caña de Azúcar*. Ciudad de México.
- Claudio, A. (2012). "Growth of ethanol fuel stalls in Brazil". *Nature*, pp.646 - 647.
- Cortez, L., & Arnaldo, W. (1999). "A Historical Overview of the Brazilian Bioethanol Program". *Renewable Energy for Development*., 11(1), p. 2.
- Department of Energy. U.S.A. (2012). *Ethanol pipeline fact sheet*. Alternative Fuels Data Center.
- Energy Independence and Security Act. (2007). Government Printing Office. U.S.A.
- Energy Policy Act. (2005). Government Printing Office. U.S.A.
- Entrix, C. (2011). *Contribution of Ethanol to the Economy of the United States*. U.S. Department of Energy.
- Environmental Protection Agency. (2010). *Greenhouse Gas Reduction Thresholds*. U.S.A.
- EPE. (2008). *Perspectivas para o Etanol no Brasil*. Brasil: MME.
- FAO. (2008). *Estudio Mundial de la Agricultura y la Alimentación*.
- Goettemoller, J., & Goettemoller, A. (2007). *Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence*. Maryville, Missouri: Prairie Oak Publishing.
- Goldemberg, J. (1985). *Ethanol Fuel: A Use of Biomass Energy in Brazil* (Vol. 14). Energy in Developing countries.
- _____ (2008). *The Brazilian Biofuels Industry*. Sao Paulo: University of Sao Paulo, Institute of Electrotechnics and Energy.

- Griffin, J., & Cifuentes Soto, M. (2012). U.S. Ethanol Policy: The unintended consequences. *The Takeaway, Policy Briefs from the Mosbacher Institute for Trade, Economics and Public Policy*, 1(3).
- IEA. (2013). *OIL Medium - Term Market Report 2013*. IEA, London.
- IEA Bioenergy. (2012). *Brazil Country Report March*. International Energy Agency.
- IPCC. (1996). *The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kovarik, W. (2008). *Ethanol's first century*. Radford University.
- Ministry for Agriculture, Livestock and Food Supply. (2006). *Ethanol in a Brazil: a successful experience*. Washington: Ministério da Agricultura.
- Muñoz, C. (2012). *Análisis de emisiones de diferentes tipos de biodiesel y etanol. Proyecto FORDECYT 117315. Aprovechamiento integral del cocotero*.
- Nave, R. (s.f.). *Light Absorption for Photosynthesis, HyperPhysics project*. U.S.A.: Georgia State University.
- Popa, B. (2009). *Emissions: Gasoline vs. Diesel vs. Bioethanol*.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st century. (2012). *Global Status Report for 2012*.
- Renewable Fuels Association . (2012). *Acelerating Industry Innovation 2012 Ethanol Industry Outlook*.
- Rothkop, G. (2007). *A Blueprint for Green Energy in the Americas Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere*. The Global Biofuels Outlook. Inter - American Development Bank.
- Schifter, I. (2011). *Combustion and emissions behavior for ethanol-gasoline blends in a single cylinder engine*.
- Shepardson, D. (2011). "Congress ends corn ethanol subsidy". *The Detroit News*. 24 de diciembre de 2011.
- U.S. Department of Energy. (2011). *Gasoline Gallon Equivalent (GGE) Definition*.
- U.S. Energy Information Administration. (2012). *Issues and Trends*. U.S. Department of Energy., Washington, DC.
- U.S. Government Printing Office. (2004). *American Jobs Creation Act of 2004*.
- UNICA. (2007). *Producción y uso del etanol combustible en Brasil, respuestas a las preguntas más frecuentes*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2013). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el 24 de julio de 2013, de Misión y Objetivos: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.php



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

