

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ECONOMÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**“LA INDUSTRIA DEL ETANOL Y SUS
PERSPECTIVAS DE DESARROLLO EN MÉXICO”**

**T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA
PRESENTA**

LUIS ARMANDO BECERRA PÉREZ

**DIRECTOR DE TESIS
DR. BENJAMÍN GARCÍA PAEZ**

MÉXICO, D.F.

OCTUBRE DE 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“La cuestión de la equidad es esencial. El cambio climático nos afecta a todos, pero no a todos por igual. Los más indefensos son los más castigados. Los que menos han contribuido al problema soportan sus peores consecuencias. Éticamente, tenemos la obligación de remediar esta injusticia y el deber de proteger a los más vulnerables”.

Ban Ki-Moon
Secretario General de la ONU
Diciembre, 2007

LA INDUSTRIA DEL ETANOL Y SUS PERSPECTIVAS DE DESARROLLO EN MÉXICO

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	6
I. INTRODUCCIÓN	
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
I.2 OBJETIVOS	26
I.3 HIPÓTESIS	27
I.4 METODOLOGÍA	29
I.5 GLOSARIO DE TERMINOS	31
1.6. GUIA PARA EL LECTOR	34
II. LA INDUSTRIA DEL ETANOL EN MÉXICO	
II. 1 DEFINICIONES Y EL USO AUTOMOTRIZ DEL ETANOL	36
II. 2 EL MERCADO DEL ETANOL EN MÉXICO	42
II.2 .1 OFERTA	42
II.2.1.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN	48
II.2.2. DEMANDA	54
II.2.3 PRECIO	59

II.3 INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL	67
II.3.1 MARCO NORMATIVO	67
II.3.2 LEY DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE LOS BIOENERGÉTICOS	72
II.3.3 PLANES Y PROGRAMAS	79
II.3.3.1 ESTRATEGIA NACIONAL	79
II.3.3.2.PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE INSUMOS PARA BIOENERGÉTICOS Y DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO	87
II.3.3.3.PROGRAMA DE INTRODUCCIÓN DE BIOENERGÉTICOS	100
II.4 CONCLUSIÓN	107
III. ENERGÍA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO	
III.1 LA ENERGÍA COMO INSUMO PRODUCTIVO	116
III.1.1 MODELOS Y TEORÍA ECONÓMICA	118
III.2 CONCLUSIÓN	130
IV. EVIDENCIAS EMPÍRICAS MUNDIALES	
IV.1 GLOBALES	134
IV.2 BRASIL	139
IV.3 ESTADOS UNIDOS	146
IV.4 UNIÓN EUROPEA	154
IV.5 CHINA	156

IV.6 INDIA	157
IV.7 CANADÁ	158
IV.8 OTROS PAÍSES (TAILANDIA, VIETNAM, AUSTRALIA, SUDÁFRICA Y COLOMBIA)	159
IV.9 CONCLUSIÓN	163
V. BARRERAS Y OPCIONES DE POLÍTICA PÚBLICA	
V.1 RESTRICCIONES ECONÓMICAS	165
V.2 RESTRICCIONES TÉCNICAS	169
V.3 RESTRICCIONES AMBIENTALES	172
V.3.1 ORIGEN Y CONSECUENCIAS	172
V.3.2 LOS PROTOCOLOS	176
V.3.3 MÉXICO Y SU ESFUERZO DE NO CONTAMINACIÓN	179
V.4. ALTERNATIVAS PARA MÉXICO	182
V.5 CONCLUSIÓN	185
VI. CONCLUSIONES GENERALES	189
BIBLIOGRAFÍA	198
ÍNDICE DE GRÁFICAS, CUADROS, DIAGRAMAS Y MAPAS	210
ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	213

APÉNDICES:

1. LA FORMULA Y LAS PROPIEDADES DEL ETANOL	217
2. PROCESOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y EL MAÍZ	222
3. PLANTA DE ETANOL EN NAVOLATO, SINALOA	228
4. PLANTA DE ETANOL EN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA	250
5. LAS BASES CIENTÍFICAS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SUS CONSECUENCIAS	254
6. TABLA DE CONVERSIONES	261

AGRADECIMIENTOS

Escribir nunca ha sido fácil, y menos si el objetivo es investigar sobre un tema novedoso y dinámico a nivel mundial, como es el etanol. Por lo tanto, al terminar una obra de esta naturaleza, el autor queda comprometido con muchas personas. Desde los que motivaron a que se hiciera, hasta los que orientaron académicamente en el contenido y redacción final del documento.

Es ese sentido, estoy en deuda con maestros, investigadores, alumnos, amigos y familia; todos importantes contribuyentes, desde su respectivo ámbito, para la culminación de la investigación que hoy tienes en tus manos.

En primer orden, quedo en deuda con mi director de tesis, el Dr. Benjamín García Páez, quien siempre me tuteló y leyó los borradores de los diferentes capítulos que fui redactando. Con su exigente rigor metodológico y su conocimiento académico, siempre me orientó por el complejo mundo de la investigación. A Benjamín, toda mi gratitud y agradecimiento por esas largas sesiones que terminaron afianzando una amistad sincera y fructífera, que rebasa los límites estrictamente académicos.

También quedo comprometido, académicamente, con el Dr. Santos López Leyva, el Dr. Oscar Aguilar Soto, el Dr. Juan de Dios Trujillo Félix, y el Dr. Gerardo López Cervantes, todos profesores e investigadores de nuestra quincuagésima sexta Escuela de Economía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS).

Asimismo, contribuyeron a que esta obra se hiciera realidad, mis maestros de la maestría, recordando con gratitud las ilustres cátedras del Dr. Clemente Ruiz Durán y el MC. Carlos Tello Macias.

Agradezco también los apoyos recibidos de la Lic. Nélida Angélica Rubio Bodart, encargada de la dirección de la Escuela de Economía de la UAS; de mi entrañable amigo el Lic. Cuauhtémoc Celaya Corella, quien con su diario enseñar forja las nuevas generaciones de sinaloenses; a los compañeros maestros: el Dr. Ramón Martínez Huerta, el Dr. Rosario Alonso Bajo, el Lic. Adán Astorga Ceja, quienes me motivaron para seguir adelante; y de mis colegas economistas de generación el Lic. Juan Francisco Chávez Espinoza, el Lic. Sergio Juárez Velásquez y el Lic. Tiburcio Vega Vázquez, les agradezco su amistad. De igual forma reconozco la ayuda de mis alumnos y trabajadores de la Escuela de Economía, especialmente a René Morales Morales, Cristina Ibarra Armenta, Juan Carlos Escobar Medina y Anjuly Ojeda. A Carlos Corral Soto, por su hospitalidad en la Ciudad de México.

Quedo con una fuerte deuda con mi familia, por todas las ausencias que realicé, a todos ellos mi gratitud por siempre y que esta obra les sirva de inspiración para conseguir sus metas en la vida. Gracias por su comprensión.

No está por demás señalar que la responsabilidad sobre el contenido y las opiniones aquí vertidas son, únicamente, de mi responsabilidad, por lo que libero de toda culpa a los que me ayudaron por los errores y omisiones que pueda contener la obra.

México D. F., octubre de 2008.

I. INTRODUCCIÓN

I. 1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El etanol es un producto que sus primeras producciones experimentales iniciaron aproximadamente hace 100 años. En Estados Unidos, en 1908, Henry Ford diseñó su primer automóvil “Modelo T”, con la idea que funcionara con etanol. También Rudolf Diesel diseñó su motor previendo que funcionara con aceites vegetales, haciendo sus primeras pruebas con aceite de cacahuete. Hasta que estos mismos personajes descubrieron que el “aceite de piedra” (petra oleum), después de una ligera refinación, daba mayor rendimiento por litro y, además, era más barato. Los antecedentes de los energéticos registran que, de 1920 a 1924, la Estándar Oil Company comercializó un 25% de etanol en la gasolina vendida en el área de Baltimore, Estados Unidos.¹

Dado lo anterior, rápidamente el petróleo dejó atrás a los biocombustibles y sólo volvió a la escena mundial hasta la crisis petrolera de los años 70's, cuando los precios internacionales se elevaron considerablemente por la escasez que produjo el embargo de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), en 1973.

La historia del etanol, y de todos los biocombustibles, ha estado atada, más a los precios internacionales del petróleo, que a su propio progreso tecnológico, apareciendo cuando éstos se encarecen y bajando su demanda cuando el petróleo desciende su precio.

¹ Trejo García Elma del Carmen; Estudio de Derecho Comparado y Marco Jurídico Internacional sobre Biocombustibles/Bioenergéticos; Centro de Documentación, Información y Análisis; Cámara de Diputados; México, 2007.

El agotamiento de las reservas petroleras en el mundo son cada vez más ciertas y finitas. Los plazos para que se acabe este recurso no renovable se reducen, los costos de extracción se elevan, los efectos del Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O) y Metano (CH₄) que se expiden a la atmósfera son cada vez mayores, produciendo consecuencias que se reflejan en un sobrecalentamiento de la tierra, a tal grado que ya se observa un incremento en los desastres naturales del planeta, como son inundaciones, incendios, sequías, tornados, deshielo del polo norte, etcétera.

Es innegable la importancia estratégica del petróleo en el mundo, las naciones que poseen reservas de este recurso no renovable, cuentan con una ventaja de autosuficiencia que cada día es más determinante en el planeta. El petróleo ha estado sujeto a guerras y disputas internacionales.

No obstante esta importancia, pareciera que no existe una conciencia generalizada sobre su agotamiento, por lo menos hasta hace algunos años, sobre todo en aquellos países donde la naturaleza fue bastante generosa y los dotó de este apreciado recurso, por lo que cuentan con suficientes reservas en el subsuelo, como es el caso de los países de Arabia Saudita, Rusia, Irán, Iraq, Emiratos Arabes Unidos, Kuwait, China, Noruega y algunas naciones latinoamericanas.

México es el sexto país en el ranking mundial de producción de petróleo crudo y la onceava potencia en la producción de gas natural (2004). Petróleos Mexicanos (PEMEX) es la tercera empresa mundial de las compañías productoras de petróleo crudo en el mundo, y ocupa el noveno lugar en la producción de gas natural (2003).

En nuestro país, durante muchos años, se pospuso la discusión e implementación de acciones específicas sobre los energéticos, y se ignoró una realidad que ha caminado mucho más aprisa. Somos deficitarios en investigación y desarrollo de tecnología en todas las áreas del conocimiento, incluida la exploración, producción y refinación del petróleo, del cual somos productores importantes desde hace más de 70 años. Compramos tecnología para producir materias, misma que exportamos para después adquirirlas procesadas. Esta mecánica se repite en agricultura, ganadería, pesca, minería, petróleo, etcétera.

Como nación, hemos invertido poco en investigación y desarrollo, por lo tanto siempre vamos a la zaga. Nos hemos conformado con ser excelentes productores de diferentes productos, en los cuales la principal ventaja competitiva tiene que ver con los recursos naturales, como son el agua, la tierra, el clima, el mar, el petróleo, los minerales, entre otros. Somos excelentes productores, pero malos creadores de tecnología que permita agregarle valor a lo que producimos. Se ha tomado muy a pecho el concepto de “productor” y se ha olvidado el concepto de “transformador”, relegando este papel a las economías externas.

Cuando la obsolescencia nos alcance, poco habrá que hacer. Así ha pasado con procesos e inventos que han revolucionado el mundo, a los cuales México ha llegado tarde: telecomunicaciones, robótica, software, medicina, genética, nanotecnología, constituyen sólo algunos ejemplos.

La escasez creciente del petróleo en el mundo y el lento desarrollo de sustitutos, han provocado un incremento paulatino en el precio de este hidrocarburo que, a diferencia de las crisis petroleras del pasado, llegó para quedarse. En el futuro, ya

no volveremos a contar con precios internacionales similares a los del pasado, los barriles de petróleo crudo de 50 dólares ya no volverán más.

El agotamiento de las reservas petroleras es algo que, aunque no queramos, sucederá en mediano plazo. Se estima que más del 60% del petróleo en el mundo se encuentra en campos gigantes, y son éstos, precisamente, los que muestran un menor rendimiento y la inexistencia de nuevos campos.

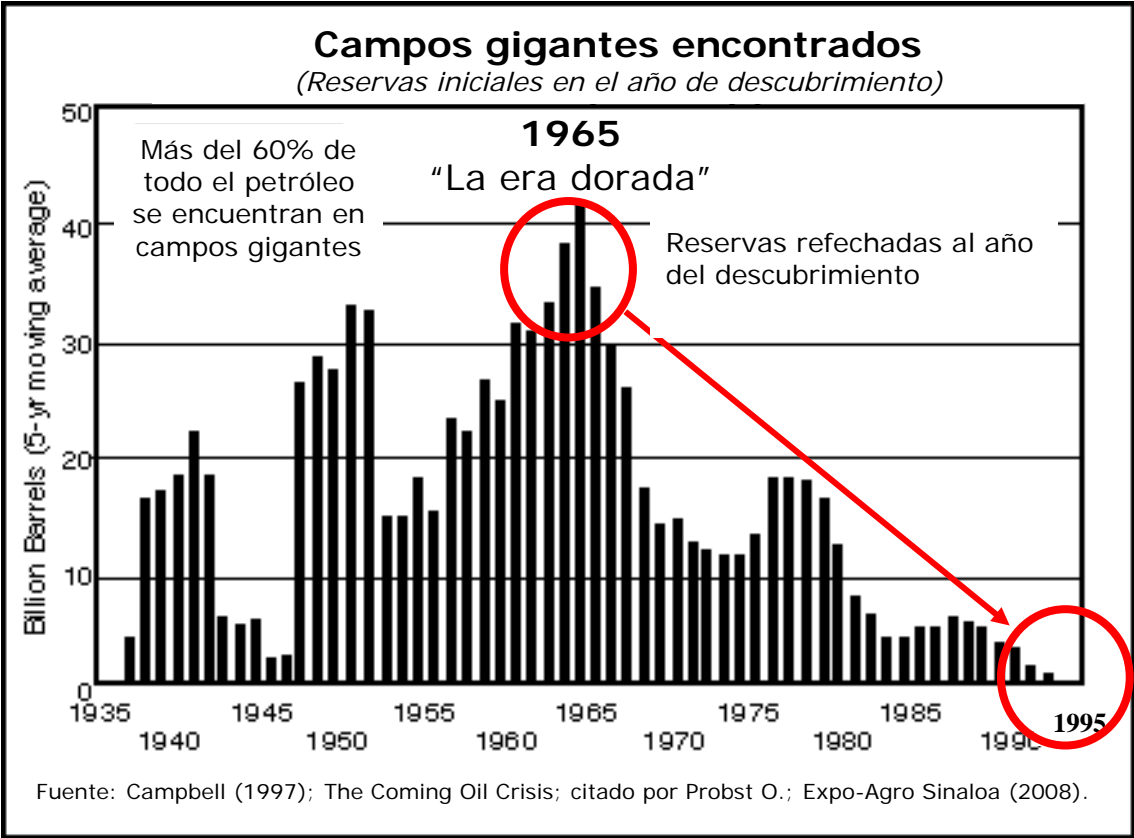
El descubrimiento de mega yacimientos ya no ha sucedido desde hace varios años. Como se puede apreciar en el cuadro I.1, los diez principales campos gigantes hace muchos años fueron descubiertos y no han habido nuevos yacimientos de esa magnitud que sustituyan la caída en la producción de los viejos campos.

Cuadro I.1			
DIEZ PRINCIPALES CAMPOS PETROLEROS GIGANTES EN EL MUNDO			
(Ordenados de mayor menor)			
Campo Gigante	País	Año de Descubrimiento	Reservas Originales (MMMBPCE)
Chawar	Arabia Saudita	1948	83.0
Burgan	Kuwait	1938	72.0
Bolivar C.	Venezuela	1917	32.0
Safaniya	Arabia Saudita	1951	30.0
Tengiz	Kazajstan	1979	26.0
Cantarell	México	1976	20.6
Rumailia	Irak	1953	20.0
Ahwaz	Iran	1958	17.0
Daqing	China	1959	16.0
Kirkuk	Irak	1927	16.0

Fuente: Gibson Consulting; citado por Peralta Bojorquez M. "Cantarell: su historia y situación actual"; agosto 2007.

Haciendo un análisis global de los campos gigantes de petróleo en el mundo, se puede decir que la era dorada de la mayor cantidad de yacimientos gigantes encontrados fue en 1965, pero después de esa fecha es poco lo que se ha hallado, y a partir de 1995, prácticamente, los descubrimientos han sido nulos. (Ver gráfica I.1).

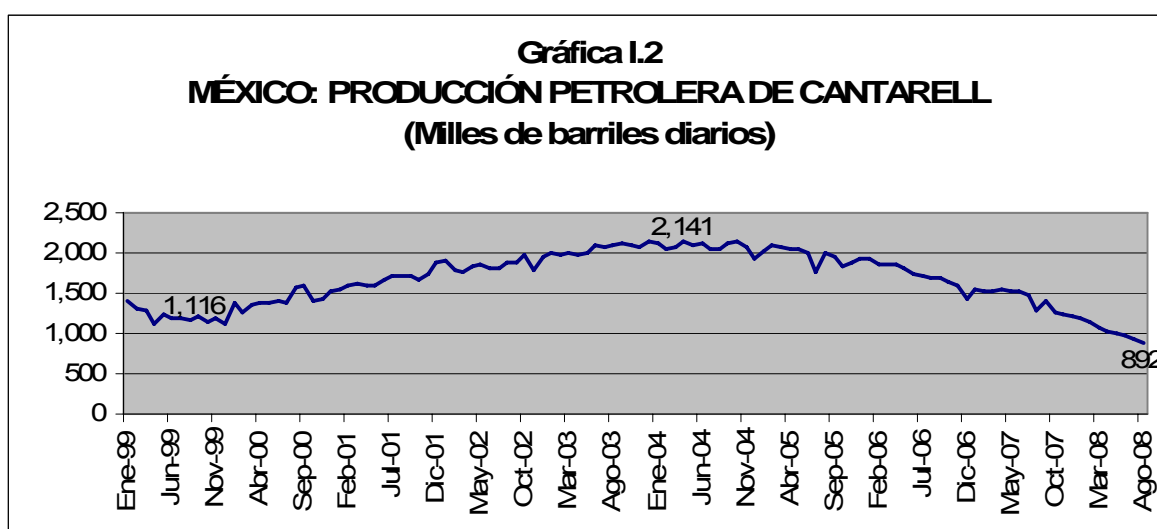
Gráfica I.1



El agotamiento de las reservas de petróleo, en México, es algo inminente. Las estimaciones señalan que las reservas probadas, al nivel de extracción actual, sólo alcanzan para 9 años más. El caso de Cantarell, que es el principal campo

gigante de México y que genera más del 60% del petróleo, inició a partir del año 2004 una tendencia de agotamiento.²

En el mes de diciembre de 2003, la producción de Cantarell llegó a su máximo record, produciendo 2.1 millones de barriles diarios. Esa fecha fue su punto de inflexión, iniciando a partir de ahí una tendencia descendente, que registró para el mes de agosto de 2008 una producción de sólo 0.9 millones de barriles diarios, volumen que representa una disminución del 57%. (Ver gráfica I.2).



Nota: Es la producción de los yacimientos Akal y Nohoch, que son los principales de todo el complejo y que, históricamente, se les conoce como Cantarell.

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética; Petróleos Mexicanos; www.pemex.gob.mx; 23 de septiembre de 2008.

El segundo campo petrolero en importancia de México es Ku-Mallob-Zaap (KMZ), que no ha sido capaz de restituir la caída de Cantarell. En los primeros ocho meses del 2008, la caída promedio mensual de Cantarell ha sido de 33.7 miles de

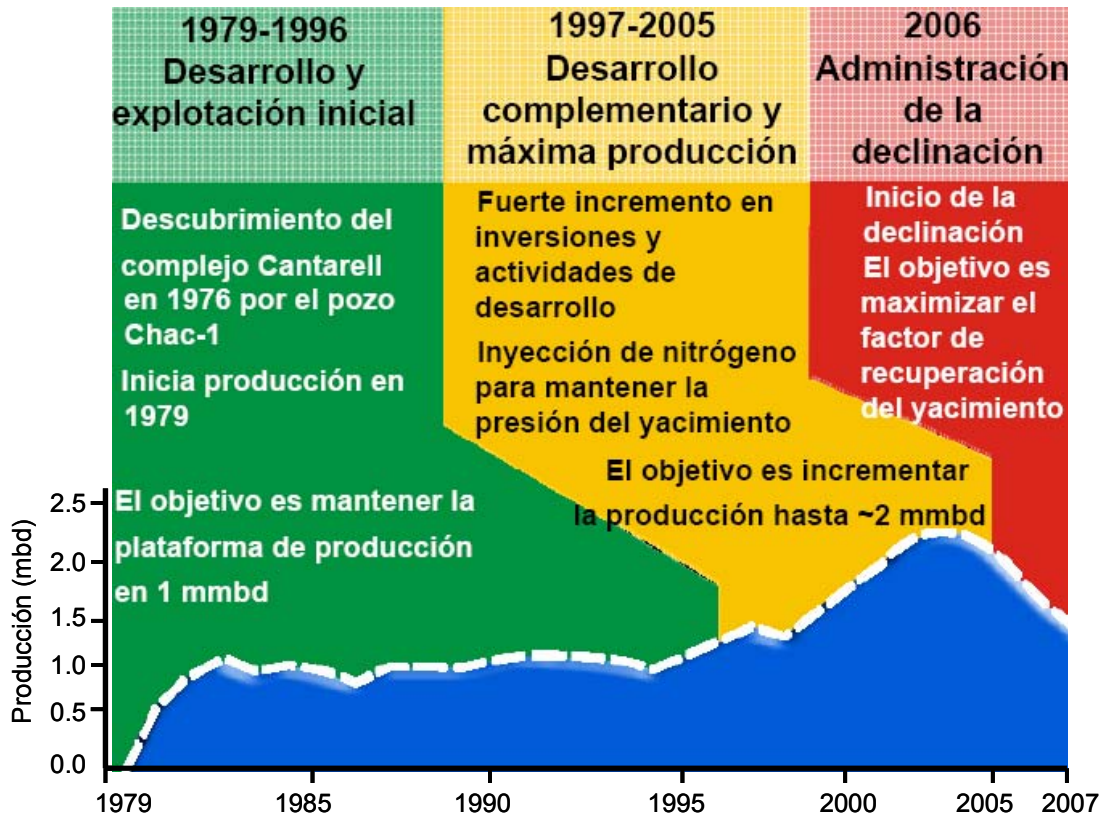
² El complejo Cantarell está compuesto por los campos Akal, Nohoch, Chac, Kutz, Ixtoc y Sihil, aunque los dos primeros son los principales. Cantarell fue descubierto en 1976; durante la década de los 80's aportó el 36.7% de la producción total, en los 90's aportó el 40.8%, y entre el 2000 y 2007 aportó el 56.8%.

barriles diarios, mientras que KMZ ha aumentado su producción a un ritmo de 11.6 miles de barriles diarios, lo que genera un déficit de producción de más de 22 mil barriles por día. PEMEX Refinación estima que, para el 2012, Cantarell esté produciendo, únicamente, 600 mil barriles diarios, cantidad que representa el 29% de la producción promedio del año 2004.

En la gráfica I.3 se observa la evolución productiva de Cantarell. Aunque el complejo fue descubierto en 1976, inició su explotación en 1979. Su desarrollo productivo se divide en tres etapas: La primera, de 1979-1996, donde el objetivo fue mantener la producción alrededor de un millón de barriles diarios; la segunda, de 1997-2005, en la que el objetivo fue incrementar la producción hasta 2 millones de barriles diarios, para lo cual se tuvieron que realizar una serie de inversiones adicionales y fue necesario, además, la inyección de nitrógeno, para mantener la presión del yacimiento; y la tercera etapa, de 2006 a la fecha, donde el objetivo es maximizar el factor de recuperación del yacimiento, dado que está en franco declive.

Gráfica I.3

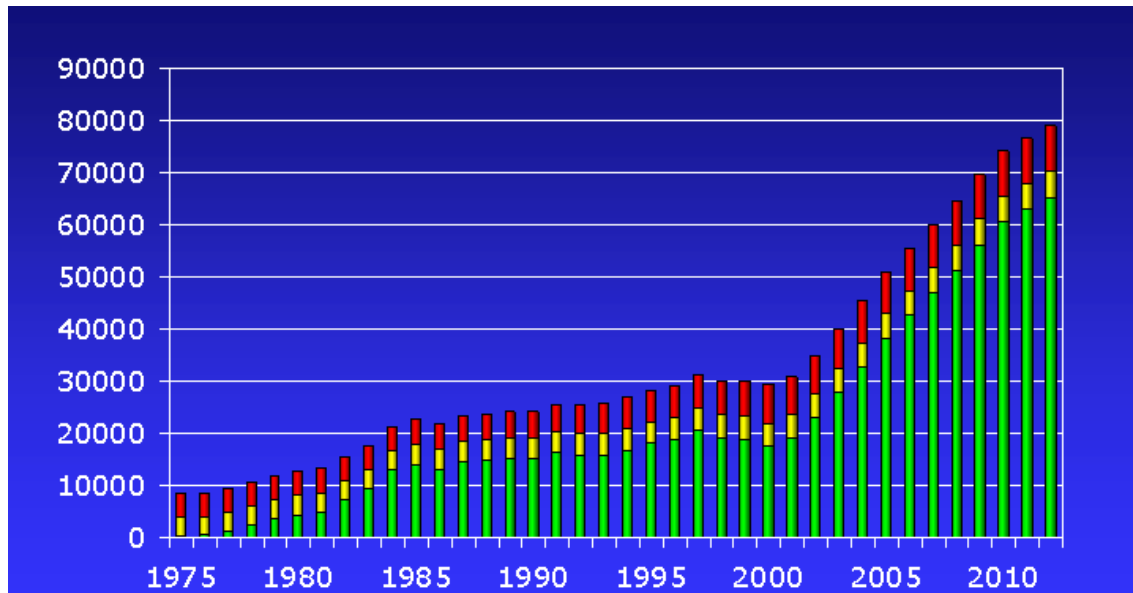
EVOLUCIÓN EN LA VIDA PRODUCTIVA DE CANTARELL



Fuente: Peralta Bojórquez, Mario; "Cantarell: su historia y su situación actual", agosto 2007

El inaplazable agotamiento en el corto plazo del petróleo en el mundo y su consistente aumento del precio, además de las mayores presiones por disminuir la contaminación del planeta, han provocado la búsqueda de sustitutos, obligando volver la mirada hacia los biocombustibles. El alto precio de petróleo ha hecho rentable la producción de etanol como combustible. Como se ve en la gráfica I.4, la producción de etanol mostró un crecimiento relativamente lento hasta el 2000, pero es a partir de ese año cuando su producción se disparó, duplicándose ya para el 2007; y se proyecta que siga creciendo a tasas aceleradas en los siguientes años.

Gráfica I.4
PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ETANOL, 1975–2012
(Millones de litros)



Fuente: Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2006.

Para el aumento en la producción y uso generalizado del etanol, la investigación ha sido muy trascendente. Se observan cambios importantes en los adelantos tecnológicos apoyados por los gobiernos de los diferentes países. En las regiones donde ha aumentado la producción de etanol, la investigación en esta materia se ha convertido en una política pública respaldada por diferentes leyes, reglamentos y programas.

Igualmente se han establecido opciones de compra para la producción y se ha inducido su uso entre la población. Son los casos de Brasil y los Estados Unidos, fundamentalmente. Otros países ya están participando en la industria del etanol y han iniciado con una estrategia que en pocos años se acercarán a los punteros; estamos hablando de Alemania, Francia, China, India, Canadá, Tailandia y Australia.

La producción mundial de etanol aumentó 54% sólo en los últimos 3 años. De un volumen de 50 mil millones de litros en el 2005, pasó a 77 mil millones de litros en el 2008, aproximadamente. Destacaron las producciones de Estados Unidos y Brasil, las cuales representaron más del 80% de ese aumento. Se estima que la utilización del etanol en el 2008 representó 1.4% del consumo mundial de petróleo. (Ver cuadro I.2).

Cuadro I.2 PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ETANOL, 2005-2008 (Millones de litros)			
País	2005-07 (Promedio)	2008	Diferencia
Estados Unidos	21,478	38,394	16,916
Brasil	17,396	22,110	4,714
Unión Europea	2,049	4,402	2,353
China	5,564	6,686	1,122
India	1,411	1,909	498
Canadá	762	1,383	621
Tailandia	285	408	123
Australia	63	156	93
Colombia	272	497	225
Sudáfrica	410	369	- 41
Vietnam	140	164	24
Indonesia	177	212	35
Filipinas	62	105	43
Malasia	63	70	7
Turquía	55	77	22
Etiopía	33	38	5
Tanzania	26	29	3
Perú	16	22	6
Mozambique	21	24	3
Total	50,284	77,054	26,770

Notas: en la Unión Europea se incluyen 27 países.
Fuente: Elaboración propia con datos de OECD-FAO, Agricultural Outlook 2008-2017; appendix, 2008.

Ante el hecho real del agotamiento y encarecimiento del petróleo, y por los evidentes problemas de contaminación que genera el uso de energía fósil, la producción de bioenergéticos ha venido tomando fuerza.

Recordemos que la contaminación de los recursos fósiles se da directamente por medio de la generación de humos, cenizas y desechos industriales que disminuyen y/o destruyen la vida vegetal y animal. A esto habría que agregar la contaminación natural que se genera con la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI), que acumulativamente son los mayores responsables del calentamiento del planeta y de los efectos atroces que ya vivimos en los polos.

En orden de importancia, los principales Gases Efecto Invernadero son tres: Dióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O) y Metano (CH₄). En las décadas recientes, el CO₂ contribuyó con el 87% de los GEI, pero se ha acelerado en el último lustro, llegando actualmente a representar el 91%, con una tasa de crecimiento anual del 0.5%; en tanto el N₂O creció al 0.25%, ambos datos para el año 2006.³

Lo sorprendente de este reporte es la tendencia a incrementarse del CO₂, dado que los esfuerzos de los países por combatirlo han sido insuficientes. Con este nivel record de Dióxido de Carbono, el calentamiento global va en aumento. El CO₂ calienta la superficie terrestre causando una mayor evaporación de las aguas, lo que provoca a su vez que haya más vapor suspendido en el aire, elevando con ello las temperaturas. Aunque el Dióxido de Carbono también tiene fuentes naturales, como son los pantanos, la mayor parte lo genera la actividad humana a través del uso de combustibles fósiles, la quema de biomasa, el uso de

³ Reporte de la Agencia Climatológica de la ONU 2006, periódico Noroeste, 24 de noviembre de 2007.

químicos y sus derivados que se aplican en actividades económicas, como la agricultura y la ganadería.

No obstante que cada día es mayor la conciencia sobre este fenómeno, es muy poco lo que se ha hecho hasta la fecha. Los esfuerzos internacionales para reducir la emisión de contaminantes quedó establecido en el protocolo de Kyoto, desde 1997, pero los países más contaminantes del planeta, Estados Unidos y Australia, no lo ratificaron.

Más recientemente, en la conferencia de Nairobi (Kenia, 2006), poco se avanzó y, en cambio, se incrementaron las diferencias entre los catastrofistas y los escépticos del cambio climático, al grado que el Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), Ban Ki-Moon, señalara enfático en la clausura: “el aumento de las temperaturas ha alcanzado unos niveles sumamente preocupantes y generan un espiral perverso que amenaza con llevarnos peligrosamente a una situación irreversible”.

La biomasa, para generar la bioenergía, puede ser de origen animal, vegetal y humano. La biomasa son residuos agrícolas (paja, hojas, etc.); forestales (tallos, ramas, etc.); animales (deshechos sólidos, grasas, pieles, etc.); industriales (materia orgánica de agroindustrias y empresas forestales); urbanos (sólidos y aguas residuales) y cultivos energéticos (caña de azúcar, maíz, sorgo dulce, trigo, remolacha, papa, cebada, canola, girasol, jatropha, cítricos, etcétera).

La biomasa necesaria como insumo para producir bioenergía, tiene la característica que en su proceso de constitución y/o desarrollo vegetativo, generalmente un proceso de fotosíntesis, absorbe el CO₂ que posteriormente liberan cuando son quemados, por lo que suponiendo que no se requiriera

ninguna unidad de energía fósil para convertir esa biomasa en biocombustible, el balance neto de contaminación de la bioenergía sería cero; o sea, no habría ningún incremento neto del CO₂ en la atmósfera, cuando se usaran los biocombustibles.

Por el contrario, el CO₂ liberado al usar las gasolinas y demás derivados del petróleo, son un incremento directo de CO₂ en la atmósfera, ya que ese compuesto se acumuló durante millones de años en el subsuelo y ahí no ejercía ningún efecto negativo sobre la atmósfera, y con ello sobre la vida animal y vegetal.

Un tipo de biomasa muy socorrido por sus características, para producir etanol y biodiesel, son los granos y algunas leguminosas, que a la vez son parte de la dieta alimenticia del los seres humanos. Son los casos fundamentalmente de la caña de azúcar (Brasil), maíz y sorgo (Estados Unidos), remolacha, canola, trigo, girasol *Jatropha* (Europa), entre otros.

Lo que está en la base de la discusión teórica, es el hecho de que varias regiones del mundo son deficitarias en la producción de granos y que, por lo tanto, al destinarse una parte de éstos a la producción de biocombustibles, la escasez aumentará, lo mismo que sus precios, ocasionando un encarecimiento de los alimentos, con efectos negativos sobre la pobreza del mundo, sobre todo en los países subdesarrollados.

El destinar algunos “recursos verdes” para producir energía renovable implica, de inicio, dejar de destinarlos para la alimentación humana y animal; y este elemento es de suficiente peso como para desecharlo a la ligera.

Los que están de acuerdo con la producción de etanol a partir granos y otros alimentos, ponen de ejemplo las evidencias de Brasil y Estados Unidos, donde el primero produce etanol a partir de la caña de azúcar, y el segundo a partir del maíz.

Habría que decir, al respecto, que tanto Brasil como Estados Unidos son superavitarios en dichos insumos que utilizan para producir etanol, mientras que México es deficitario en Maíz.

Las condiciones productivas, tecnológicas y hasta sociales de México, Brasil y Estados Unidos son distintas. Brasil es exportador neto de productos agrícolas (entre ellos el azúcar que se extrae de la caña) y mantiene una autosuficiencia de energía; Estados Unidos es exportador neto de maíz, pero importador neto de energía; y México, por su parte, es un importador neto de maíz y exportador neto de energía.⁴

De lo anterior se concluye que, tanto Brasil como Estados Unidos, producen etanol a partir de una materia prima en la que son exportadores, por lo que no tienen ningún riesgo de soberanía alimentaria en esos productos; México, por el contrario, no debería producir etanol a partir de un insumo del que es deficitario, como es el maíz, porque estaría incrementando el riesgo de autosuficiencia en ese producto que, además sabemos, es un alimento básico que hasta culturalmente está ligado a la idiosincrasia de los mexicanos. El nivel de dependencia alimentaria de México, en el caso del maíz, es de aproximadamente el 30%.

⁴ En el 2006 México produjo 10,619 petajoules de energía y el consumo fue de 7,071 petajoules, lo que generó un superavit de 3,548 petajoules, por lo que exportó un 33% de la energía producida.

Los escépticos sobre la viabilidad de la producción de etanol y biodiesel, señalan que en los últimos años se ha observado un aumento sostenido en los precios de los alimentos.

Indican que, antes los aumentos de precios en los alimentos se debían a cuestiones naturales y cíclicas, inducidos fundamentalmente por la baja en la producción y por una disminución en los inventarios mundiales.

Actualmente, señalan, los aumentos en los precios de los alimentos se debe a factores estructurales y exógenos, como el alza en el precio del petróleo y por la presión del calentamiento global, que ha provocado una reactivación de la producción de biocombustibles a partir de maíz y caña de azúcar.

Justificándose en cuestiones de seguridad nacional, el gobierno de Estados Unidos, en años recientes, marcó la pauta para la producción de etanol y biodiésel en América Latina. En enero de 2007, el presidente George W. Bush dio a conocer su meta “Twenty in Ten” (veinte en diez), que implica reducir el uso de las gasolinas en un 20% en los próximos 10 años, para lo cual requerirá producir 35 mil millones de galones al año de biocombustibles para el 2017.

En realidad, la meta de reducir el uso de gasolina en un 20% se compone de la sustitución del 15% por etanol, biodiésel, metanol, butanol, hidrógenos, entre otros, y el otro 5% lograrlo a través de una mejora en la eficiencia en los motores automotrices.

Dado ese volumen tan grande de biocombustibles en un tiempo tan corto (diez años), se antoja imposible que Estados Unidos lo pueda producir al interior de su territorio, por lo que necesariamente tendrá que importar granos y/o “combustibles verdes”.

Esto, por supuesto, que genera una presión sobre los precios de los granos que son, a la vez, insumo para los biocombustibles y alimentos para la humanidad.

En un análisis retrospectivo de los contratos de físicos de maíz, se observa cómo el precio de este grano empezó a aumentar desde inicios de 2007, elevando su precio promedio de 100 a 180 dólares por tonelada.

En los indicadores de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el índice general de precios de los alimentos pasó de 102, en el 2003, a 157, en el 2007, un aumento del 54% en tan sólo 4 años (base 1998/2000=100).

Los aumentos en los precios, específicamente de los alimentos, según esta fuente, fueron aún mayores que el índice general. Si sólo observamos los precios de los alimentos básicos, tenemos que, de marzo de 2007 a marzo de 2008, los lácteos aumentaron 48.4%; los cereales el 107%; los aceites y grasas el 112%; el arroz el 61.2%; el azúcar en 30%; y la carne el 10%; todos estos aumentos en un año, que casualmente coinciden con la ola de anuncios, por parte de Estados Unidos, de destinar grandes recursos y subsidios a la producción de biocombustibles.

En función de estos datos, la FAO está alertando al mundo sobre una posible hambruna de graves consecuencias: “La rápida escalada de la crisis de disponibilidad de alimentos en el mundo ha alcanzado proporciones que exigen no sólo medidas urgentes para enfrentar, a corto plazo, las necesidades inmediatas y evitar la hambruna en numerosas partes del mundo, sino, también, de un aumento sustancial a largo plazo de la productividad de los granos”, señaló Ban Ki-Moon, Secretario General de la ONU, en reunión ante las instituciones de Breton

Woods, como el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Banco Mundial (BM), la Organización Mundial de Comercio (OMC), y la Conferencia de la ONU sobre Comercio y Desarrollo (CNUCED).⁵

En esa misma reunión, los delegados de América Latina advirtieron sobre los riesgos existentes al destinar mayores tierras cultivables, para producir y abastecer de insumos a los fabricantes de biocombustibles, dejando de producir alimentos.

Estas declaraciones han sido secundadas por algunos líderes y jefes de estado de varios países, que han venido alertando del aumento considerable en los precios de los alimentos. Por ejemplo, la ministra de cooperación internacional de Alemania, Heide Marie Wiczorek Zeul, pidió el pasado 21 de abril de 2008 se suspendiera de inmediato el uso de alimentos para la producción de biocombustibles: “porque se corre el riesgo de perder la batalla contra el hambre en el mundo... los avances de los últimos años, para acabar con el hambre en el orbe, están en peligro, debido al fuerte aumento en los precios de básicos, como la harina y el arroz.”⁶

Con esta misma visión, Enrique De la Madrid Cordero, señala que se ha iniciado un conflicto entre el uso de los granos para alimentación o como fuente de energía.

Señala que: “a partir de la segunda guerra mundial, los precios de los alimentos habían disminuido de manera constante, lo que permitió a amplios sectores de la

⁵ El Financiero, 15 de abril de 2008; sección internacional; P. 29

⁶ El Financiero; 22 de abril de 2008; sección economía, p. 10

población mundial acceder a alimentos a precios más bajos, mejorando con ello su poder adquisitivo. En la actualidad, este proceso parece estar revirtiéndose”.⁷

Según cálculos del Banco Mundial, con un bushel⁸ de maíz se puede producir 2.8 galones de etanol (12.3 litros), que equivalen a 1.88 galones de gasolina, pero a la vez este mismo bushel de maíz representa el consumo promedio de un mes de un estadounidense.

Con una tonelada métrica de caña de azúcar se puede producir 21.7 galones de etanol (95.5 litros), que equivalen a 14.5 galones de gasolina (63.8 litros), pero con esa misma tonelada métrica de caña se pueden producir 137 kilogramos de azúcar, que representan 2.4 años de consumo de un brasileño promedio.

Desde este punto de vista, producir etanol a partir de granos y caña de azúcar no parece una opción inteligente y viable socialmente, en el largo plazo.

Contrariamente a la visión, estrictamente, “alimentaria” de los granos y caña de azúcar, hay que decir que el etanol se puede producir con muchos otros insumos y no únicamente a partir del maíz y caña de azúcar.

En general, cualquier biomasa tiene cierta cantidad de energía, sólo que hay que ver la rentabilidad de extraerla, y esto está en función del precio final al que se pueda vender en el mercado de la energía. Además, la tecnología disponible, el abasto de insumos y la sustentabilidad del proceso, elementos todos correlacionados entre sí y con el uso alternativo de los insumos y el precio de la energía fósil.

⁷ De la Madrid Cordero Enrique; Agro XXI; 28 de enero de 2008.

⁸ 25.2 Kilogramos

I.2 OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es abonar a la discusión sobre las ventajas y desventajas de la producción de etanol en México. A nivel mundial, existen distintas opiniones sobre las externalidades positivas y negativas que genera la producción de este biocombustible.

Clarificar las distintas opiniones de ambos lados ayudará a entender las posibilidades de la producción de etanol en México, así como a contribuir con elementos para la elaboración de una política pública, que establezca las bases para un desarrollo sustentable y económicamente viable de los bioenergéticos.

No basta con señalar si es conveniente producir o no etanol, sino que se requiere entender esta actividad en su conjunto, desde una visión del desarrollo integral del país. Visualizar la producción de etanol de forma individualizada y con un enfoque meramente empresarial, puede llevarnos a conclusiones erróneas y/o que no necesariamente beneficien a toda la sociedad. Recordemos que lo que es bueno para un individuo, en particular, no necesariamente es bueno para toda la sociedad. Existen externalidades, como las ambientales, que normalmente no se incluyen en el precio, pero que, sin embargo, se generan y pagamos toda la sociedad. Como productor individual, tener un menor costo, por no incluir el efecto ambiental, es benéfico, pero para la sociedad es perjudicial, ya que se genera un problema que más tarde pagaremos entre todos, lo que da como resultado que la sociedad está subsidiando dicho producto o actividad.

Revisaremos la normatividad existente sobre la promoción y desarrollo de los bioenergéticos en México, así como su estrategia de introducción establecida en las leyes y demás reglamentos, con el objetivo de opinar sobre sus perspectivas.

Además, procuraremos cuantificar la oferta y la demanda de etanol en México, valorando sus restricciones económicas, técnicas y ambientales.

También indagaremos sobre las principales teorías que consideran a la energía como una variable sustantiva para el crecimiento económico, así como las diversas evidencias empíricas mundiales.

Generaremos una serie de recomendaciones generales, que puedan contribuir con la formación de una política pública sobre el etanol, y ayudar a profundizar las investigaciones y acciones en este nuevo sector en México.

I.3 HIPÓTESIS

Lo que se debate actualmente en el mundo y en México son los beneficios y conveniencia de producir bioenergía, específicamente biocombustibles líquidos como el etanol y el biodiesel.

En el caso del etanol, con la tecnología existente, los insumos principalmente utilizados, hasta la fecha, para producirlo son caña de azúcar y maíz. Brasil y Estados Unidos producen, aproximadamente, el 80% del total del etanol mundial. El primero lo hace a partir de la caña de azúcar, y el segundo del maíz.

Lo anterior, ha generado una controversia, por ser la caña de azúcar y el maíz productos alimenticios básicos en la dieta de los humanos. Este nuevo uso alternativo ha provocado una competencia directa entre alimentos y etanol.

Por el lado de los efectos positivos se señalan la despresurización que implican los biocombustibles sobre el calentamiento global; la reducción de la dependencia del petróleo; la reactivación del medio rural a través de la formación de un nuevo mercado para los productos agrícolas; y la integración de la cadena de valor agrícola-industrial-consumo de los biocombustibles, lo que implicaría un aumento en el empleo.

Por el lado de los efectos negativos, se indican el aumento sobre los precios de los alimentos de los insumos utilizados y su traslado al resto de los bienes de consumo, presionando con ello la inflación general de la economía, un incremento en el riesgo de la soberanía alimentaria, una intensificación en la competencia por el uso de la tierra y el agua, y problemas de deforestación.

En ese contexto nuestra hipótesis es la siguiente:

En México es muy poco probable que con la tecnología existente sea conveniente producir etanol a partir del maíz, sobre todo si somos un país deficitario en ese grano y con una productividad promedio más baja que el parámetro internacional, específicamente Estados Unidos.

Como nación, los beneficios económicos, ambientales y sociales, de producir etanol a partir del maíz, serían marginales, y el costo del otorgamiento de subsidios superaría los beneficios. Sin embargo, producir etanol con tecnologías de segunda y tercera generación, que utiliza como insumo biomasa lignocelulósica que proviene de plantas y materia no comestible, incrementaría los beneficios y la viabilidad para el país.

I.4 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo se utilizará el método deductivo, partiendo de una revisión general de la bibliografía existente sobre los bioenergéticos y, a partir de ahí, ir construyendo un análisis concéntrico que nos permita construir sobre el eje rector de la investigación, que es la industria del etanol y sus perspectivas de desarrollo en México.

Investigaremos las diferentes opiniones a nivel mundial sobre la producción y uso de los biocombustibles líquidos, específicamente el etanol.

También rastrearemos las teorías que retoman la energía, como una variable para el crecimiento económico, analizando su peso específico dentro de dichos modelos.

Recopilaremos evidencias empíricas, tanto de otros países como de México, sin olvidar que las regiones pioneras en este tema son Brasil y Estados Unidos. Estos países producen el etanol a partir de diferente materia prima (Brasil de caña de azúcar y Estados Unidos de maíz), con lo que el análisis se enriquecerá.

Recurriremos, frecuentemente, a revisar la experiencia internacional en la producción de etanol, analizando las ventajas y desventajas de hacerlo, así como las externalidades, tanto positivas como negativas, que genera.

A partir de los estudios de la Secretaría de Energía, de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), la Organización para la Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), el Banco Mundial (BM), el Fondo Monetario Internacional (FMI), el Departamento de Agricultura y de Energía de

Estados Unidos, y de agencias privadas, como Cooperación Técnica Alemana (GTZ), intentaremos cuantificar la oferta y la demanda de etanol en México, así como sus costos de producción y tecnología existente.

También revisaremos toda la normatividad existente en México para la Promoción Desarrollo de los Bioenergéticos, incluidas las leyes, los reglamentos, las normas y los programas elaborados hasta la fecha. La idea es determinar con claridad la estrategia y las acciones del gobierno de México en la materia.

En el marco teórico se analizará la teoría de Angus Maddison, sobre el papel que juega la energía en el crecimiento. Las teorías del crecimiento económico, sobre todo la neoclásica, que no reconoce un rol determinante a la energía, sin embargo, señala a los recursos naturales, en general, como una variable implícita en la función de producción y en la relación capital trabajo.

A la luz de las teorías del conocido economista norteamericano Paul Krugman, Premio Nobel de Economía 2008, sobre las diferencias en la administración pública y privada, aplicaremos esas tesis a la producción de etanol, en función de las ventajas potenciales para el país y los beneficios particulares para los nuevos empresarios de los biocombustibles.

Para complementar la investigación, recopilaremos algunas entrevistas de los primeros inversionistas del etanol en México, y diversas opiniones de personas expertas en el tema, mismas que incluiremos en los apéndices.

I.5 GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **MTBE** (Metil Terbutil Éter): Es un éter que sirve como oxigenante de las gasolinas que, en su elaboración, requiere de metanol en una cantidad de 34%. Este compuesto químico es producido por PEMEX Petroquímica y se lo vende a PEMEX Refinación. Es altamente contaminante del agua y del suelo.
2. **TAME** (Teramil Metil Éter): Es un éter que sirve como oxigenante de las gasolinas que, en su elaboración, requiere de metanol en una cantidad de 30%. Este compuesto químico es producido por PEMEX Petroquímica y se lo vende a PEMEX Refinación. Es altamente contaminante del agua y el suelo.
3. **ETBE** (Etil Terbutil Éter): Es un éter que sirve como oxigenante de las gasolinas que, en su elaboración, requiere etanol en una cantidad de 46%. Actualmente no es producido comercialmente en México y no es contaminante.
4. **TAE** (Teramil Etil Éter): Es un éter que sirve como oxigenante de las gasolinas que, en su elaboración, requiere etanol en una cantidad de 41%. Actualmente no se produce comercialmente en México y no es contaminante.
5. **Biomasa**: Es toda aquella materia de origen orgánico (principalmente vegetal) que no es fósil. Se transforma por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos (biogás) o líquidos (etanol y biodiesel). También es fuente de hidrógeno para producción de energía.

6. **Bioenergía:** Es toda la energía que se produce a partir de la biomasa.
7. **Biocombustibles:** Es todo tipo de combustible de origen biológico, no importando el estado en que se encuentre.
8. **Biocarburantes:** Son aquellos biocombustibles que sólo están en estado líquido (etanol, biodiesel, aceites y éteres).
9. **Biocombustibles líquidos:** Comúnmente se les llama así al etanol y al biodiesel, eliminando prácticamente el término biocarburantes.
10. **Bioenergéticos:** Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos por procesos tecnológicos sustentables.
11. **Biodiesel:** Combustible que se obtiene por la transesterificación de aceites de origen animal o vegetal.
12. **Biogas:** Gas que se produce por la conversión biológica de la biomasa como resultado de su descomposición.
13. **Etanol Anhidro:** Tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua.
14. **Seguridad Alimentaria:** El abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población.
15. **Soberanía Alimentaria:** La libre determinación del país en materia de producción, abasto y acceso de alimentos a toda la población, basada fundamentalmente en la producción nacional.

16. **Automóviles flexi-fuel:** Vehículos adaptados para funcionar con gasolina, etanol o una mezcla de ambos, en cualquier porcentaje.
17. **Motores de ignición por chispa:** Son los motores que requieren de un combustible líquido o gaseoso para funcionar.
18. **DDGS:** Grano seco, destilado y soluble que concentra la proteína de maíz. En otras palabras, es el núcleo del maíz menos el almidón.
19. **Dióxido de Carbono (CO₂):** Proviene de la quema de combustibles fósiles (carbón, derivados del petróleo y gas), reacciones químicas en proceso industriales (como la producción de cemento y acero) y la deforestación.
20. **Metano (CH₄):** Proviene de la descomposición anaerobia (cultivo de arroz, rellenos sanitarios, estiércol, principalmente de ganado), escape de gas en minas y pozos petroleros, con valor de 23 unidades de carbono.
21. **Óxido Nitroso (N₂O):** Es resultado de la producción y uso de fertilizantes nitrogenados, quema de combustibles fósiles y deforestación.
22. **Hidrofluorocarbonos (HFCs):** Proviene de procesos de manufactura usados como refrigerantes.
23. **Perfluorocarbonos (PFCs):** Proviene de procesos de manufactura usados como refrigerantes.
24. **Hexafluoruro:** Proviene de procesos de manufactura en los que se utiliza como un fluido dieléctrico.
25. **Protocolo de Kyoto:** Documento oficial firmado en 1997 que establece la obligación de los países miembros de disminuir las emisiones de GEI.
26. **GEI:** Gases Efecto Invernadero

I. 6 GUIA PARA EL LECTOR

En este apartado describimos una breve guía de los diferentes capítulos de la obra, con el objetivo de facilitar su lectura.

El primer capítulo es una introducción sobre el tema de los biocombustibles y, específicamente, del etanol. Se analiza su problemática central desde la óptica global, justificando su pertinencia en México. Este apartado posicionará al lector sobre lo medular del tema, aclarando los objetivos de la investigación, las hipótesis a investigar y la metodología utilizada. Se incluyó un glosario de términos para facilitar el entendimientos de los conceptos un tanto técnicos y confusos, a los que se recurre con frecuencia a lo largo del texto.

Un segundo capítulo indaga sobre el uso automotriz del etanol, la cuantificación de la oferta, los costos de producción, la demanda y los precios del biocombustible en México. Se analiza el marco legal y la infraestructura institucional, desde la cual se pretende introducir los biocombustibles.

Las principales teorías económicas que sustentan la investigación, se describen en el capítulo tres, recurriendo a los modelos del crecimiento que toman en cuenta a la energía como una variable, que junto con el trabajo y el capital, determinan la función de producción.

En un cuarto capítulo se dan a conocer las evidencias empíricas mundiales sobre el etanol, partiendo del "boom" global en la producción en los años recientes, y especificando los escenarios de crecimiento de los principales regiones del mundo

para el período 2008-2017. Se hace referencia a las variables de producción, consumo, precio y comercio neto del etanol, estimando su comportamiento futuro.

Para polemizar sobre la introducción del etanol en México, en el quinto capítulo exponemos las principales barreras en forma de restricciones económicas, técnicas y ambientales, complementando el análisis con posibles alternativas de política pública para nuestro país.

En una especie de resumen, planteamos un capítulo seis con las conclusiones generales de la investigación, detallando la comprobación de las hipótesis planteadas en el capítulo primero.

Por último, agregamos una serie de apéndices técnicos y conceptuales, así como de entrevistas e información reciente sobre la construcción de las primeras plantas de etanol en México.

Dada las múltiples facetas e implicaciones económicas, ambientales y sociales que tiene el tema, se recomienda al lector no saltarse el orden de los capítulos, y mucho menos leer únicamente las conclusiones, ya que, para generarse un criterio mucho más amplio, se requiere conocer todas las opiniones a favor y en contra de la producción del etanol en el mundo y en México.

II. INDUSTRIA DEL ETANOL EN MÉXICO

II.1 DEFINICIONES Y EL USO AUTOMOTRIZ

Partiendo de las fuentes primarias de la energía, éstas se pueden clasificar en: **no renovables** y **renovables**. Las primeras son el petróleo, el gas natural, el carbón y nuclear, y que por obvias razones son finitas en el planeta. La renovable es la energía eólica, solar, geotérmica, hidráulica, mareomotriz y bioenergía; todas estas tienen la característica que se pueden reponer y, por lo tanto, son infinitas.

A nivel mundial, aproximadamente el 90% de la energía consumida proviene de fuentes no renovables, por lo que estos recursos fósiles se están agotando aceleradamente y su tasa de disminución es cada vez mayor. Por lo anterior, desde hace algunos años, distintas naciones han incursionado en buscar fuentes alternas de energía.

No obstante ese esfuerzo de investigación, sólo se ha llegado producir una cantidad de energía renovable que sustituye, aproximadamente, el 10% de la energía total consumida, pero se estima que, a corto plazo, la producción de este tipo de energía tienda a aumentar. En este sentido, la Red Mexicana de Bioenergía considera que para el año 2050 la bioenergía participará, al menos, con el 25% de la energía total mundial consumida.

En México, sólo el 9.5% de la oferta total de energía es renovable, mientras que en Brasil el 38.7% de su energía es de fuentes renovables (Ver cuadro II.1). Además, habría que aclarar que la poca energía renovable que se produce en México, a diferencia de Brasil, es fundamentalmente hidráulica, solar y eólica, no

utilizando hasta el momento la producción comercial de biocombustibles a partir de cultivos agrícolas o forestales.

Cuadro II.1					
Oferta de energía renovables y no renovables, 2004					
(Miles de barriles equivalentes de petróleo)					
País	Oferta total (kBEP)	No Renovable (kBEP)*	%	Renovable (kBEP)**	%
Argentina	476,979.8	439,593.2	92.2	37,386.5	7.8
Brasil	1,557,176.4	955,163.8	61.3	602,012.6	38.7
México	1,128,671.2	1,021,460.6	90.5	107,210.6	9.5

*Petróleo, carbón, gas y nuclear.

**Hidroenergía, leña y otras.

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de América Latina y El Caribe 2006; CEPAL, cuadro 3.5.7

Tres conceptos que frecuentemente se confunden son bioenergía, biocombustibles y biocarburantes. El primero es toda la energía que se produce a partir de la biomasa; biocombustibles es todo tipo de combustible de origen biológico y, por lo tanto, renovable, no importando el estado en que se encuentre; y biocarburantes se entiende aquellos biocombustibles que sólo están en estado líquido (etanol, biodiesel, aceites y éteres). Para evitar esta diferenciación, entre biocombustibles y biocarburantes, algunos autores, cuando desean referirse específicamente a etanol y biodiesel, les llaman biocombustibles líquidos, eliminado, prácticamente, el término biocarburantes. Para términos prácticos, y dado que la única diferencia sólo es el estado en que se encuentran, en esta investigación nos referiremos al etanol y biodiesel como biocombustibles.

Los biocombustibles más comunes a nivel mundial son el etanol y el biodiesel. El primero es un alcohol que se obtiene a partir de azúcares simples, como la

sacarosa o glucosa, y de polímeros naturales, como el almidón o la celulosa; el segundo (biodiesel) se deriva de grasas naturales (lípidos).

El cuadro II.2 nos indica las diferentes materias primas desde las cuales se puede producir etanol y biodiésel, especificando el componente utilizado de las mismas.

Cuadro II.2
MATERIAS PRIMAS PARA PRODUCIR BIOCOMBUSTIBLES

Biocombustible	Materia prima	Componente usado	Observaciones
Bioetanol	Maíz, trigo, cebada, etc.	Granos	Ricos en almidón
	Yuca	Tubérculo	
	Caña de azúcar	Tallo	Ricos en sacarosa
	Sorgo Dulce	Tallo	
	Remolacha	Raíz	
		Residuos agrícolas	Varios
Biodiesel	Soya, girasol, colza, jatropa, etc.	Semillas	Ricos en lípidos
	Palma aceitera	Árbol	
	Grasas animales	Grasas	

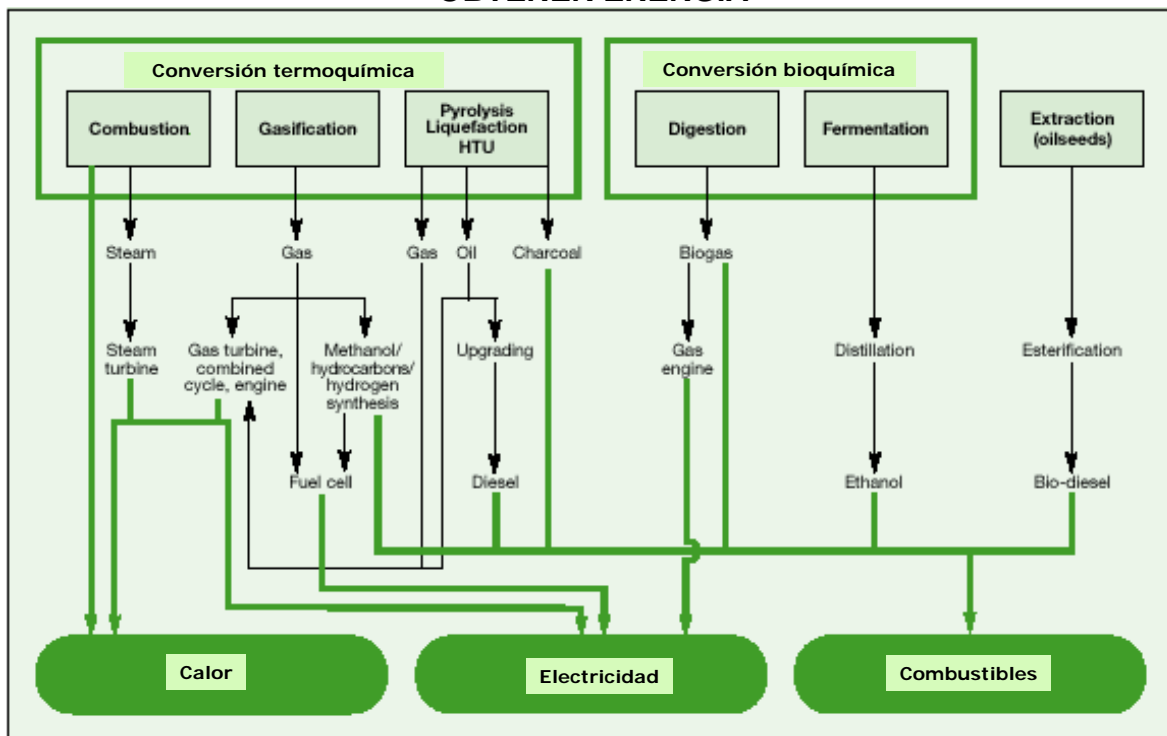
Fuente: Coyle W. (2007); adaptado por Amador, V., Octavio. 2007, Biocombustibles: una mirada a la coyuntura de 2007, Economía Informa, FE, UNAM, No. 350, enero-febrero 2008.

Otra definición más específica de bioenergía señala que “es la energía producida a partir de la biomasa, es decir, es toda aquella materia de origen orgánico (principalmente vegetal) que no es fósil. La materia orgánica es utilizada como energético y se transforma por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos, como es el biogás o líquidos, tales como el bioetanol y biodiesel. También es fuente de hidrógeno para producción de energía”.⁹

⁹ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesqueras (SIAP); Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012; p. 104

Según el World Energy Assessment (2000), los procesos de conversión termoquímica y bioquímica para la obtención de calor, electricidad y combustibles se resumen en el diagrama II.1. Obsérvese cómo, a través de la fermentación y destilación, se obtiene el etanol.

Diagrama II.1
PROCESOS DE CONVERSIÓN TERMOQUÍMICA Y BIOQUÍMICA PARA OBTENER ENERGÍA



Fuente: World Energy Assessment, 2000

Generalmente, cuanto mayor es el contenido de etanol en una mezcla con gasolina, más baja es su conveniencia para los motores comunes de automóvil. El etanol puro reacciona o se disuelve con ciertos materiales de [goma](#) y [plásticos](#) y no debe utilizarse en motores sin modificar.

Además, el etanol puro tiene un [octanaje](#) mucho más alto que la gasolina común (86/87 AKI, 91/92 RON), requiriendo, por lo tanto, cambiar el [cociente de](#)

[compresión](#) o la [sincronización de la chispa](#) para obtener el rendimiento máximo. Cambiar un auto que utiliza gasolina a que utilice etanol puro como combustible, necesita [carburadores](#) y [caudales](#) más grandes (un aumento de área de cerca del 30-40%).

Los motores de etanol, cuando trabajan en temperaturas por debajo de 13°C, también necesitan un sistema de [arranque en frío](#), con el objetivo de asegurar la suficiente vaporización y reducir al mínimo la no combustión. Sin embargo, una mezcla de gasolinas de un 10% a un 30% de etanol, no necesita en general ninguna modificación del motor. La mayoría de los automóviles modernos pueden funcionar con estas mezclas sin ningún problema.

De la gasolina E10, la variante más común que consiste en mezclar 90% de gasolina y un 10% de etanol, Brasil en 1989 produjo 12 mil millones de litros a partir de la caña de azúcar, que fue utilizado para mover 9.2 millones de autos. También suele estar disponible en el medio oeste de Estados Unidos, y es el único tipo de gasolina que puede ser vendida en el Estado de Minnesota. Las mezclas similares incluyen el E5 y el E7. Estas concentraciones son, generalmente, seguras para los últimos motores de automóvil, sin modificar, y algunas regiones y municipios asignan por ley un límite mínimo en la cantidad de etanol en los combustibles vendidos.

Un método para medir la cantidad de combustibles alternativos en Estados Unidos es mediante *“Galones Equivalentes de Gasolina”* (GEG); en España se suelen utilizar las *“Toneladas Equivalentes de Petróleo”* (TEP). En 2002, Estados Unidos utilizó como combustible una cantidad de etanol igual a 137 petajoules (PJ), la

energía de 1.13 mil millones [galones](#) de gasolina (4,280,000 M³), lo que representa menos del 1% del total de combustible usado ese año.

El término "E85" se utiliza para denominar una mezcla de 85% de etanol y 15% de gasolina. Esta mezcla tiene un octanaje cercano al 105, lo cual es sensiblemente más bajo que el etanol puro, pero mucho mayor que el de la gasolina normal. El contenido de una pequeña cantidad de gasolina en el biocombustible ayuda a un motor convencional a arrancar el motor cuando éste se encuentra frío.

El E85 no contiene siempre, exactamente, un 85% de etanol. En [invierno](#), especialmente en climas más fríos, se agrega una mayor proporción de gasolina (para facilitar el arranque en frío). Normalmente el E85 ha tenido un costo similar a la gasolina, pero con los grandes aumentos del precio del petróleo, ha llegado a ser común, en Brasil, ver E85 ofreciéndose hasta \$0.18 menos por litro que la gasolina, haciéndolo altamente atractivo al automovilista que trae motores adaptados.

Desde que aparecieron los modelos flexibles en Brasil, va en aumento el número de vehículos en el mundo que se fabrican con motores que pueden funcionar con cualquier tipo de mezcla de combustible a partir de 0% de etanol hasta el 85 % sin modificación. Muchos automóviles comerciales ligeros en Brasil ya se diseñan como vehículos flexibles para utilizar varias combinaciones de combustible, pues pueden detectar automáticamente el tipo de combustible y cambiar el comportamiento del motor, principalmente la sincronización de la ignición y la relación de compresión, para compensar los diversos octanajes del combustible en los [cilindros](#) del motor.

|

II.2 EL MERCADO DEL ETANOL EN MÉXICO

II.2.1 OFERTA

La producción de energía primaria en México está altamente concentrada en los hidrocarburos. Del total de la energía producida, más del 90% está basada en los hidrocarburos, dividida de la siguiente manera: petróleo crudo 72%; gas asociado 11.5%; gas no asociado 5.5%; condensados 1.7% (Ver cuadro II.3).

Otro problema, aparte de la falta de diversificación energética, es la creciente dependencia de productos petrolíferos terminados, específicamente gasolina y componentes para oxigenantes (MTBE Y TAME).

Cuadro II.3
MÉXICO: PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA
(Petajoules)

Energía	Participación
Carbón	1.9%
Hidrocarburos	90.6%
Petróleo crudo	71.9%
Condensados	1.7%
Gas no asociado	5.5%
Gas asociado	11.5%
Electricidad primaria	4.1%
Nucleoenergía	1.0%
Hidroenergía	2.5%
Geoenergía	0.6%
Energía eólica	n.s.
Biomosa	3.4%
Bagazo de caña	0.9%
Leña	2.5%
Total	100 %

Fuente: Masera Cerutti O. y Prehn Junquera M. (2006); Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México; Task 1: Economic overview; SENER, GTZ y BID.

México es un país exportador neto de energía primaria, fundamentalmente por el volumen de exportaciones petroleras. No sucede lo mismo en energía secundaria, ya que tenemos un saldo negativo por las altas importaciones de gas licuado, gas natural, Coque de petróleo, Coque de carbón, pero fundamentalmente por gasolinas y naftas. En los cuadros II.4 y II.5 se observa lo anterior.

Cuadro II.4
MÉXICO: COMERCIO EXTERIOR DE ENERGÍA PRIMARIA, 2004
(Petajoules)

Fuente	Exportaciones	Importaciones	Saldo
Carbón	0.032	109.149	-109.117
Petróleo crudo	4,338.100	0.0	+4,338.100
Condensados	2.456	0.0	+2.456
Totales	4,340.588	109.149	+4,231.468

Fuente: Opus cit

Cuadro II.5
MÉXICO: COMERCIO EXTERIOR DE ENERGÍA SECUNDARIA, 2004
(Petajoules)

Fuente	Exportaciones	Importaciones	Saldo
Coque carbón	0.047	14.011	-13.963
Coque de petróleo	0.0	64.742	-64.742
Gas licuado	0.340	118.079	-117.740
Gasolinas y naftas	148.759	374.481	-225.722
Querosenos	13.775	0.0	+13.775
Diesel	16.209	7.739	+8.470
Combustóleo	140.663	67.348	+73.315
Productos no energético	6.145	0.0	+6.145
Gas natural	0.0	401.680	-401.680
Electricidad	0.622	0.169	+0.453
Total	329.560	1,048.29	-718.688

Fuente: Opus cit

En México, desde hace varios años, se produce etanol de caña de azúcar en los diferentes ingenios del país que cuentan con destilerías, sólo que su uso es para

bebidas embriagantes e industriales, no para uso combustible. Se produce, principalmente, de melazas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante conocida.

No obstante de contar con capacidad instalada para producir mucho mayor cantidad, los ingenios del país no la utilizan, dado que la demanda es limitada y que el insumo es cíclico. En promedio, la capacidad utilizada es del 44% respecto a la capacidad instalada; además es relativamente fácil hacer adecuaciones para ampliar esa capacidad.

Aproximadamente, la mitad de los ingenios del país cuentan con destilerías, unas más, otras menos modernas, pero pueden producir etanol (96° GL). Por ejemplo, la oferta total en el ciclo agrícola 2002-2003 fue de 39.2 millones de litros, producidos por los ingenios descritos en el cuadro II.6.

Cuadro II.6
PRODUCCIÓN DE ETANOL EN MEXICO Y CAPACIDAD INSTALADA
(Litros por ciclo agrícola)

Ingenio	Capacidad instalada	Producción (ciclo 2002/03)	Capacidad utilizada (%)
Aarón Sáenz	8,550,000	4,948,000	57.9
Calipam	2,400,000	990,261	41.3
Constancia	9,000,000	4,997,400	55.5
El Carmen	5,400,000	2,923,000	54.1
El Mante	7,200,000	5,082,300	70.6
Independencia	4,500,000	1,250,908	27.8
La Joya	4,200,000	1,307,000	31.1
La Providencia	7,500,000	1,818,471	24.2
Pujilic	6,000,000	3,373,004	56.2
San José de Abajo	7,500,000	1,118,000	14.9
San Nicolás	12,000,000	2,547,683	21.2
San Pedro	7,500,000	3,206,000	42.8
Tamazula	7,500,000	5,643,750	75.3
Total	89,250,000	39,205,777	43.9

Fuente: Opus cit

Habría que aclarar que, los ingenios del país no están libres de problemas, al grado que varios de ellos fueron expropiados por el gobierno del ex-presidente Vicente Fox Quesada, con la idea de evitar problemas sociales mayores, ya que tenían serios problemas con el pago de la caña de azúcar a los productores primarios. El objetivo fue expropiarlos, reestructurar sus deudas y sanearlos financieramente, para posteriormente venderlos, cosa que no ha sucedido.

No obstante esta problemática, existen otros ingenios adicionales a los indicados en el cuadro anterior, que pueden producir etanol. Sumando todos los ingenios, la capacidad instalada aumenta de 89.2 a 167.4 millones de litros por ciclo agrícola.

Ahora bien, hay que decir que no todo el etanol que se produce en México es anhidro. Se estima que la capacidad instalada para etanol combustible sería de 33 millones de litros por año, producidos fundamentalmente en los ingenios La Gloria y San Nicolás, ambos ubicados en el estado de Veracruz.¹⁰

Otro detalle muy importante a resaltar es que, según los registros estadísticos, la producción de etanol ha venido disminuyendo en México. En 1988 se llegó a producir 70 millones de litros, y ya para el 2004 sólo se producían 35 millones de litros, aproximadamente.

Otra forma de poder medir la oferta de etanol en México es evaluando la cantidad de oxigenantes que se pretenden sustituir, y del volumen y porcentaje de gasolinas que se determine combinar.

De acuerdo con la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, “especificaciones de los combustibles fósiles para protección ambiental”, que obliga que las

¹⁰ Horta Nogueira Luiz Augusto; “Ethanol and ETBE production and end-use in Mexico”; Dast 5; Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para Transporte en México; SENER, BID-GTZ.

gasolinas que se consuman en el país contengan un 2.7% de oxígeno en peso, se tiene que añadir MTBE (Metil Terbutil Éter) y TAME (Teramil Metil Éter) a las gasolinas para oxigenarlas.

Lo anterior lo debe contener toda la gasolina Magna (octanaje mínimo de 87), consumida en las tres principales zonas metropolitanas (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey) y toda la gasolina Premium (octanaje mínimo de 92) consumida en el país.

La norma 086 obliga a un máximo de contenido de azufre en las gasolinas. Actualmente, la gasolina Magna que se distribuye en las 3 zonas metropolitanas señaladas, contienen 421 partes por millón (ppm) y deberían, según la norma, contener un máximo de 30 ppm. Esta misma obligación es para el resto del país a partir de enero de 2009.

La cantidad aproximada que se requiere de MTBE y TAME en México es de 23 mil barriles diarios (2005), pero la producción sólo llegó a 10 mil 800 barriles diarios, y el resto se cubrió vía importaciones. Hay que aclarar que la capacidad de producción nacional de estos compuestos oxigenantes es de 15 mil 600 barriles diarios, pero la capacidad utilizada sólo fue del 70%, debido a falta de suministro de metanol y butanol (materia prima) por parte de PEMEX Petroquímica a PEMEX Refinación, que es quien produce el MTBE y TAME.¹¹

¹¹ La cantidad de metanol que se requiere por cada barril de MTBE y TAME es 0.34 y 0.30 respectivamente. Utilizando toda la capacidad instalada para producir esos eteros (15.6 miles de barriles) se requiriera de una cantidad de metanol del orden de 5 mil 300 barriles diarios, misma cantidad que es susceptible de ser sustituidos por etanol; con lo que estaríamos sustituyendo todo el MTBE y TAMAR que se produce en México por ETBE (Etil Terbutil Éter) y TAEE (Teramil Etil Éter).

La cantidad de MTBE y TAME que se produjo en el 2005 fue de 6.6 y 4.2 millones de barriles diarios (total 10.8 MBD), no obstante que la capacidad instalada de 6 diferentes refinerías de PEMEX son 15.6 MBD, como se observa en el cuadro II.7.

Cuadro II.7
CAPACIDAD INSTALADA DE MTBE Y TAME EN MÉXICO
(Miles de barriles diarios)

Refinería	MTBE	TAME
Madero	2.5	2.3
Cadereyta	2.9	0
Salamanca	1.1	0
Tula	2.3	2.3
Minatitlán	0	0
Salina Cruz	0.7	1.5
Total	9.5	6.1

Fuente: Opus cit

Además de la oferta nacional de MTBE y TAME, se requiere importar una cantidad aproximada de 8 mil barriles diarios cada año, esto dependerá del volumen que se produzca nacionalmente y de la variabilidad en los contenidos de oxígeno que presenten estos éteres. Se estima que la erogación anual por motivo de importaciones de MTBE y TAME es de, aproximadamente, 300 millones de dólares, misma cantidad que pudiera dejar de salir del país, si se procediera a sustituir dichas importaciones.

II.2.1.1 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Obtener los costos de producción siempre ha sido una cuestión complicada, dada la cantidad de factores que hay que tomar en cuenta. Además de los costos fijos y variables normales, hay que estimar el costo de oportunidad y el impacto de las variables macroeconómicas en el sector.

En el caso que nos ocupa, se agrega el hecho de que el etanol carburante es una actividad nueva en México, donde concurren costos agrícolas, de transporte de materias primas, inversión, transformación, almacenamiento, distribución, comercialización, entre otros.

Para facilitar el análisis de esta investigación, vamos a tomar los costos obtenidos del estudio realizado por la Secretaría de Energía (SENER), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ).¹²

En la parte de los insumos el estudio hace el análisis de cinco cultivos: caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera. En la parte de la transformación, consideró tecnologías disponibles y maduras. Se incluyó el valor anualizado de las inversiones a una tasa de descuento del 12%, una vida económica de 10 años y costos de operación y mantenimiento. Los datos de costos totales a que llegó dicho estudio se presentan en el cuadro II.8, gráfica II.1 y II.2.

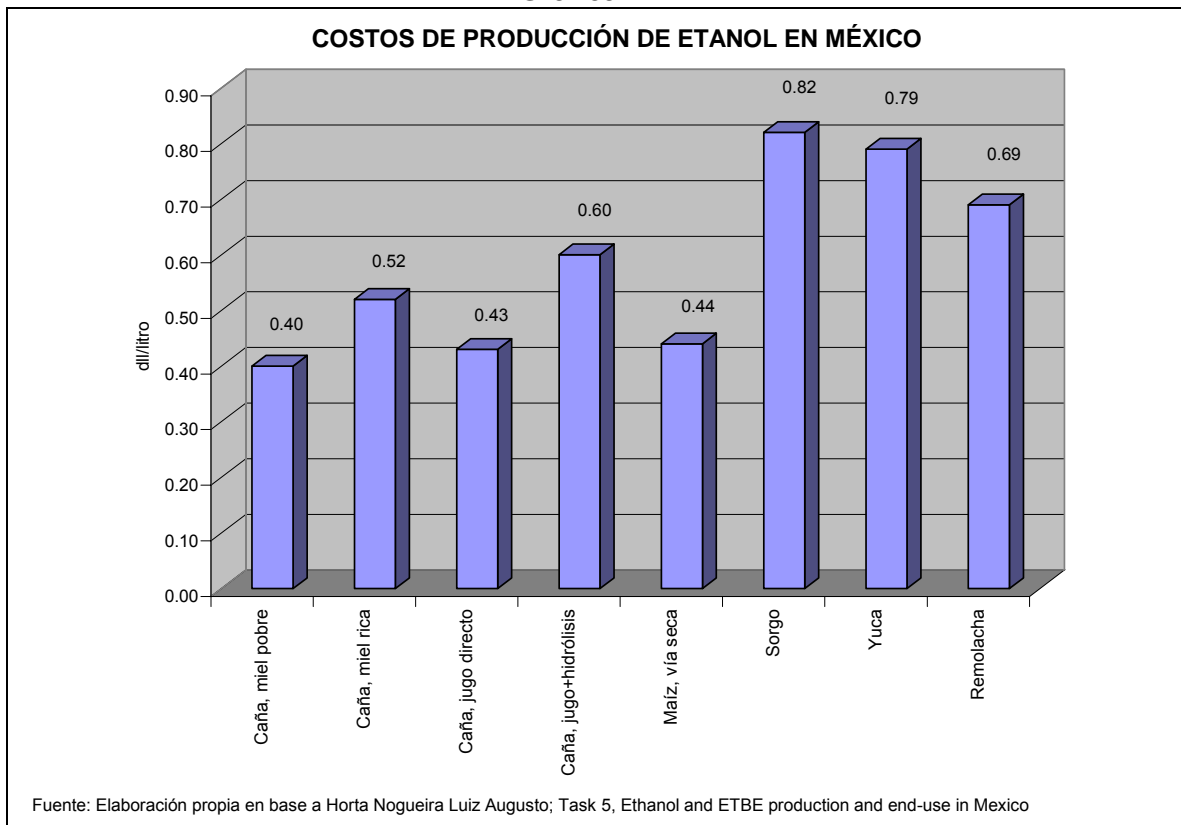
¹² Horta Nogueira Luiz Auguto; Task 5: "Ethanol and ETBE production and end-use en Mexico, 2006.

**Cuadro II.8
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL EN MÉXICO**

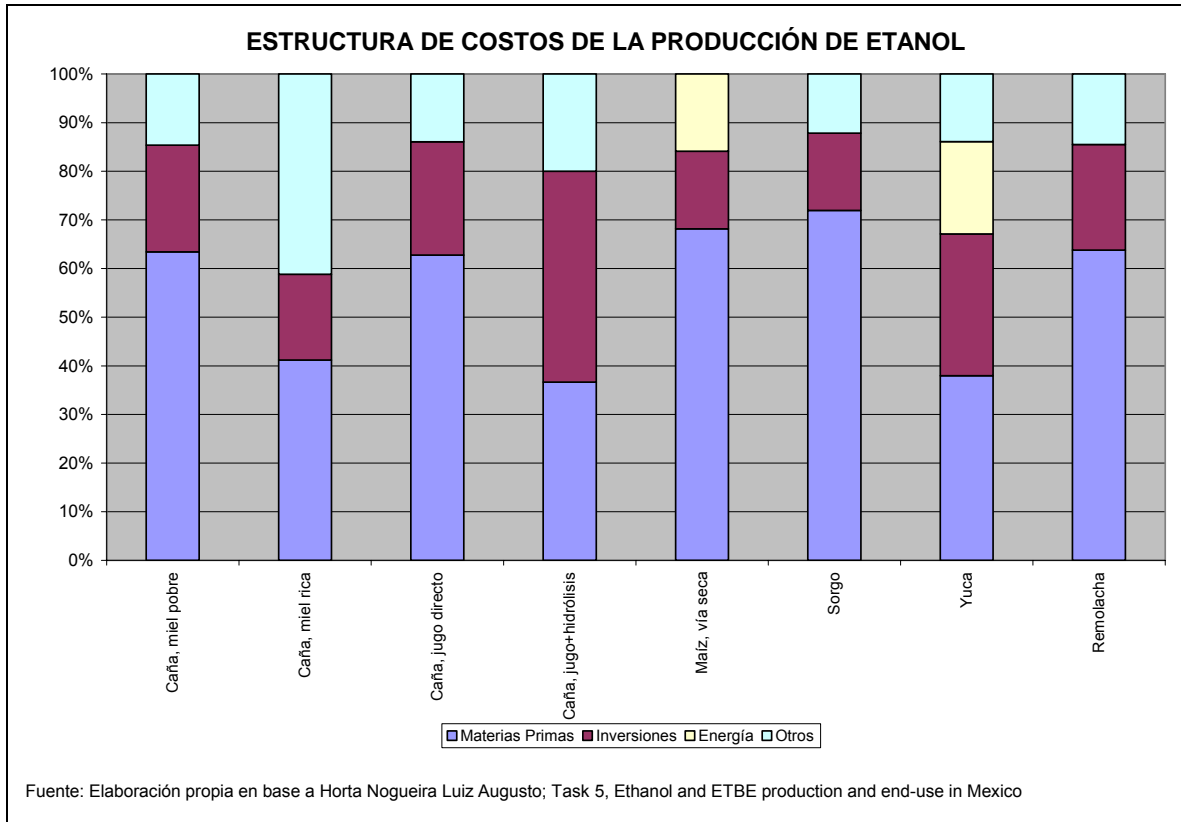
Concepto/cultivo	Caña, miel pobre		Caña, miel rica		Caña, jugo directo		Caña, jugo+hidrólisis		Maíz, vía seca		Sorgo		Yuca		Remolacha	
	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%	d\$/litro	%
Materias Primas	0.26	65	0.21	40	0.27	63	0.22	37	0.30	68	0.59	72	0.30	38	0.44	64
Inversiones	0.09	23	0.09	17	0.10	23	0.26	43	0.07	16	0.13	16	0.23	29	0.15	22
Energía	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.07	16	0.00	0	0.15	19	0.00	0
Otros	0.06	15	0.21	40	0.06	14	0.12	20	0.00	0	0.10	12	0.11	14	0.10	14
Total	0.40	100	0.52	100	0.43	100	0.60	100	0.44	100	0.82	100	0.79	100	0.69	100

Fuente: Elaboración propia en base a Horta Nogueira Luiz Augusto; Task 5, Ethanol and ETBE production and end-use in Mexico; 2006.

Gráfica II.1



Gráfica II.2



De los datos anteriores se deduce que la materia prima agrícola y el método a partir del cual se decida obtener etanol, determinan mayormente el costo principal. En este ejercicio, utilizando los cultivos ya señalados y combinándolos con las distintas tecnologías disponibles y los diversos métodos conocidos, la caña de azúcar miel pobre representa el 65% del costo total; la caña de azúcar miel rica, el 40%; la caña jugo directo, 63%; la caña jugo más hidrólisis, 37%; el maíz vía seca, 68%; el sorgo, 72%; la yuca, 38%; y la remolacha, 64%.

Haciendo el análisis con las tecnologías convencionales y pensando solamente en caña de azúcar y maíz, dado que los otros cultivos (yuca, sorgo y remolacha) no son comúnmente manejados en México, los costos totales se moverían en un rango de 40 a 60 centavos de dólar por litro producido.

Inclusive, en caso del maíz, en el que el modelo supuso un precio por debajo del mercado y un rendimiento superior a la media nacional (120 dólares por tonelada y 10 toneladas por hectárea), el costo total fue de 44 centavos de dólar por litro (molienda en seco), costo superior al de Estados Unidos que promedia 34 centavos de dólar por litro.

Al aumentar el precio del maíz a una cantidad más realista, 200 dólares por tonelada, por ejemplo, y bajar la productividad a niveles del promedio nacional, el costo total de producir etanol, a partir del maíz, se eleva considerablemente, pudiendo llegar a 60 centavos de dólar por litro.

Esto nos hace visualizar que la posibilidad de producir etanol a partir del maíz, debe revisarse con sumo cuidado, ya que, además de ser México deficitario en ese grano, el precio internacional muestra desequilibrios a la alza, provocados, en parte, por el desvío de un mayor volumen de maíz hacia la producción de etanol en Estados Unidos.

Ese país está produciendo etanol a base de maíz, fundamentalmente por las siguientes cuatro razones: Primero, es un país superavitario en la producción de maíz, y por lo tanto, exportador neto de ese grano, mientras México es deficitario en el mismo renglón; segundo, la productividad promedio del cultivo es mayor, mientras Estados Unidos observa valores de 10 toneladas por hectárea, México obtiene 3 toneladas por hectárea; tercero, tiene costos de producción menores

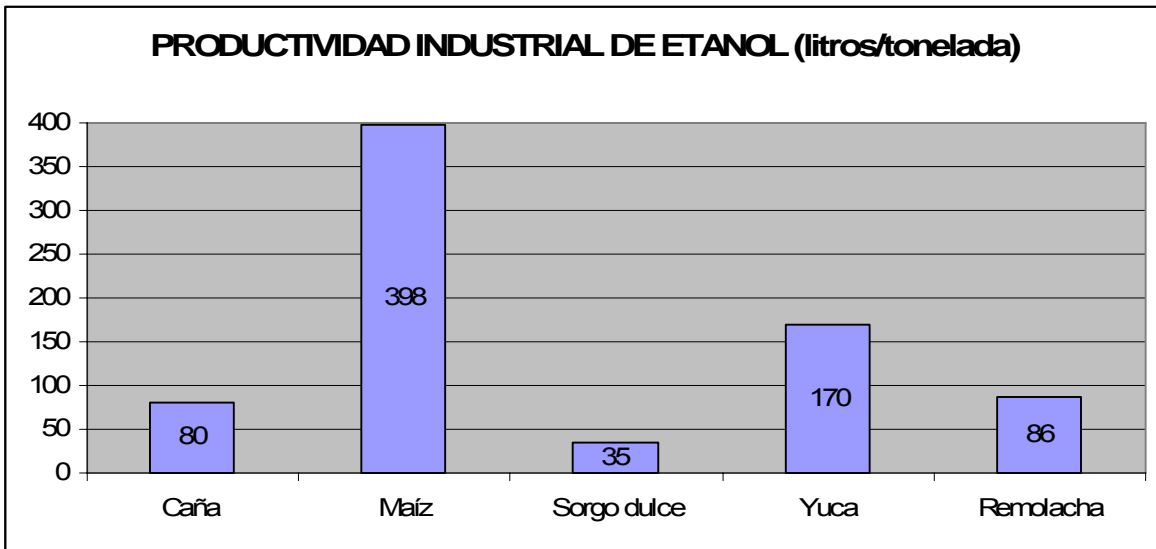
que México; y cuarto, los apoyos y subsidios al cultivo son mayores que en México.

En el caso de la caña de azúcar, México también tendría que irse despacio, ya que se observan fuertes distorsiones en el mercado de la caña por los problemas estructurales del sector, y por los fuertes problemas de productividad por hectárea. No hay que olvidar que existe un superávit de azúcar en México, y que es una fuerte razón por la cual no se ha incrementado la superficie sembrada de ese cultivo. Actualmente, se cultivan, aproximadamente, 613 mil hectáreas, con una productividad media de 77 toneladas por hectárea.

Aquí, el reto es elevar la productividad extendiendo el uso de tecnología y mejoramiento de variedades, negociando nuevos esquemas con los productores cañeros, para que, paulatinamente, vayan mejorando su rentabilidad y puedan capitalizar sus unidades productivas.

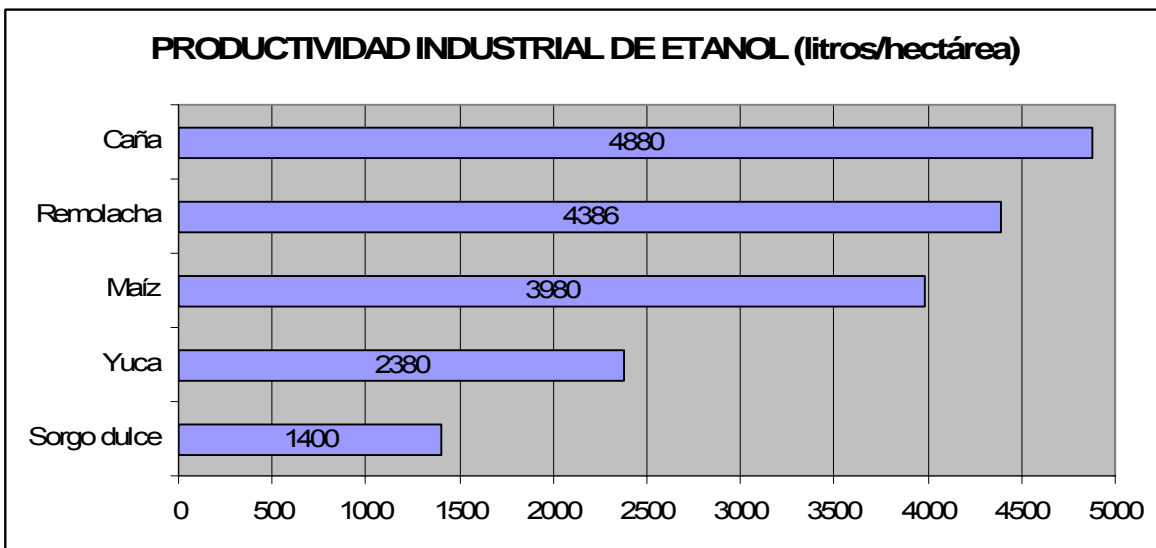
En el eslabón de la industria, utilizando las tecnologías disponibles y conocidas para la producción de etanol, y cruzándolas con los cinco cultivos analizados, se obtuvieron los rendimientos de transformación indicados en las gráficas II.3 y II.4, en las cuales se concluye que la mayor productividad para producir etanol lo genera la caña de azúcar, enseguida la remolacha y después el maíz.

Gráfica II.3



Fuente: Opus cit

Gráfica II.4



Fuente: Opus cit

II.2.2 DEMANDA

El etanol como combustible es un producto nuevo en México. No obstante que, aproximadamente, la mitad de los ingenios del país tienen destilerías, sólo se produce mayoritariamente para bebidas y usos industriales. Por ejemplo, en la zafra 2002/03, se produjeron 39.2 millones de litros de etanol (96° GL).

Por lo tanto, estimar la demanda es una cuestión que está íntimamente relacionada con el volumen de MTBE y TAME susceptible de ser sustituido y, posteriormente, con la cantidad que técnica, económica y socialmente se determine mezclar en la gasolina.

De tal forma que, la demanda inicial tiene que ver con decisiones de políticas públicas y, específicamente, con las decisiones que tome el consumidor (mezclador) único del etanol: Petróleos Mexicanos.

Entonces, estamos ante un mercado que no existe y donde el posible consumidor es uno solo, aunque posteriormente se desdoble en muchos consumidores a través de la venta final del combustible en las estaciones de servicio. Por lo tanto, se trata de suministrar un insumo en un mercado monopsónico, por lo que la libre oferta y demanda no existe.

El precio final de la gasolina lo determina el monopolio estatal, PEMEX, y/o la SHCP, tendiendo como referencia el precio internacional y las condiciones económicas y sociales, subsidiando parte del costo, por tratarse de una industria nacional.

El etanol, por lo tanto, es una **demanda derivada** que depende esencialmente de la demanda de gasolina y de sus perspectivas de crecimiento, que a la vez están

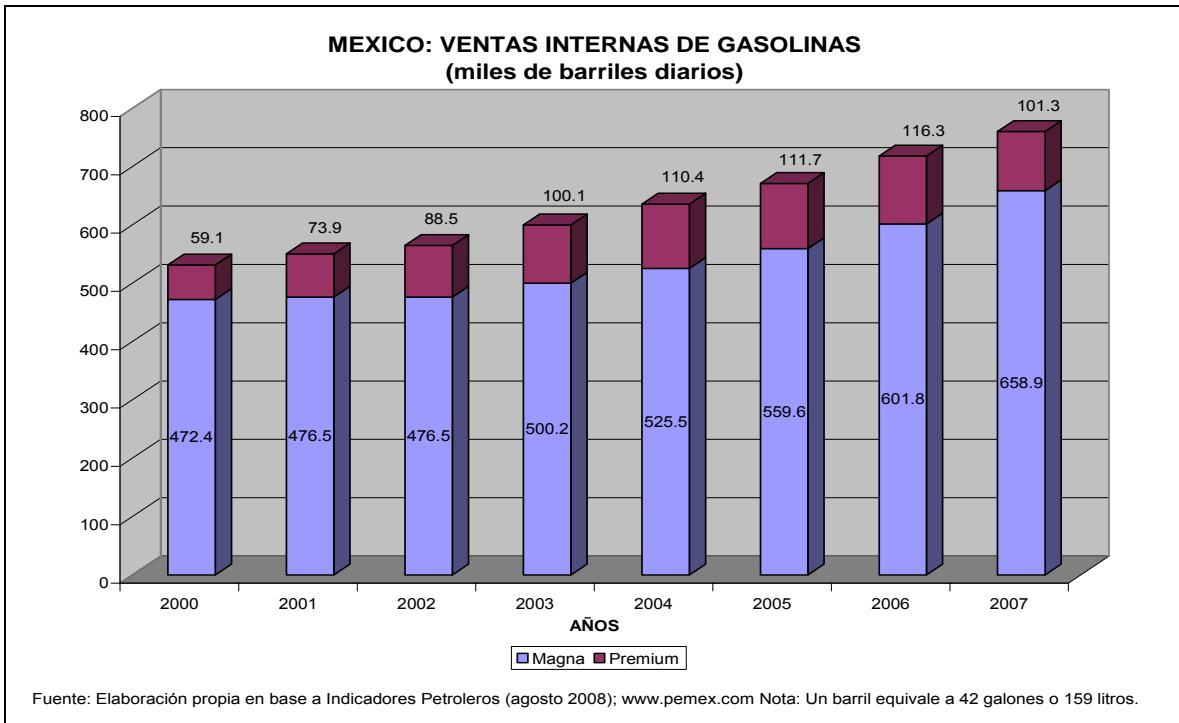
determinada por el crecimiento de la flota vehicular y por las condiciones económicas y comerciales del país.

En ese sentido, vamos a revisar el volumen de gasolinas consumidas en México y sus tendencias. La idea es precisar la demanda de los últimos años y proyectar su consumo futuro, para de ahí derivar la demanda de etanol en México.

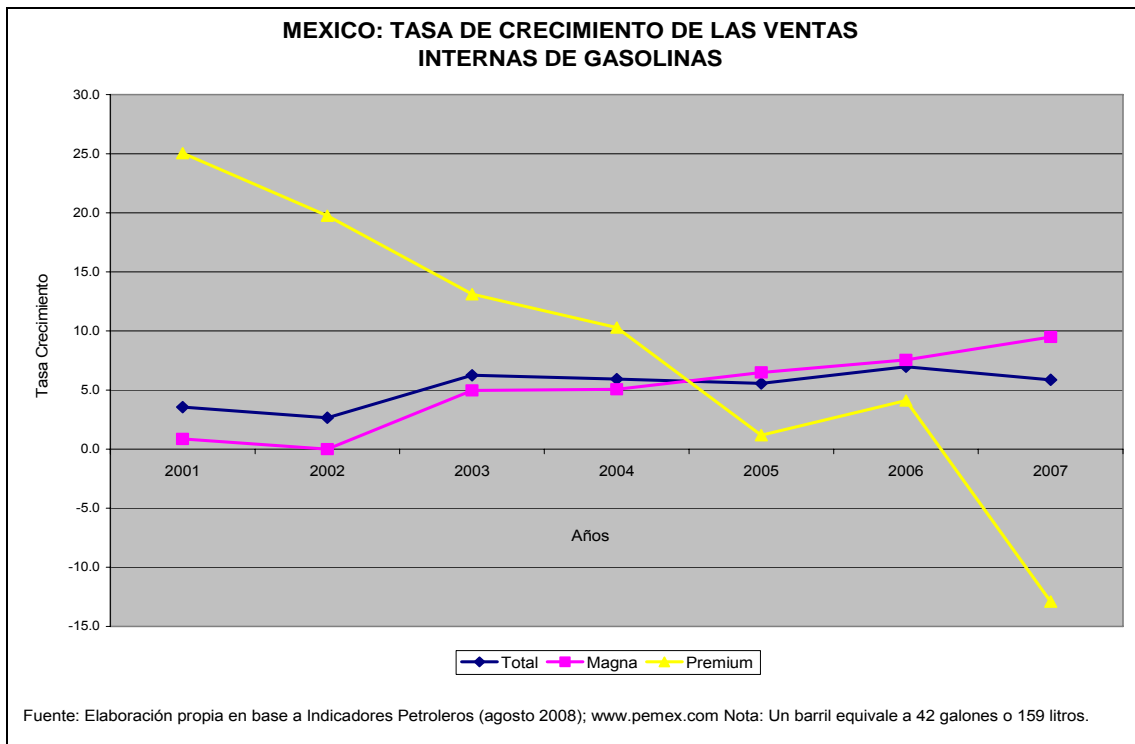
En la gráfica siguiente podemos apreciar cómo la demanda de las gasolinas ha venido aumentando en los últimos 7 años de manera consistente. Mientras que en el 2000 se vendieron 531.5 miles de barriles diarios, para el 2007 ese volumen fue de 760.2, lo que representa una tasa de crecimiento promedio anual de 4.6%.

Una correlación que podemos deducir es que, mientras la Gasolina Magna observa tasas anuales crecientes, la Gasolina Premium muestra tasas decrecientes (en el 2007 ya fue negativa: -12.9%), lo que implica que la demanda de ésta última viene disminuyendo, y que, sin duda, tendrá efectos en términos de la demanda de etanol, dado que la Gasolina Premium requiere de una mayor cantidad de oxigenantes (MTBE), que es lo que se pretende sustituir con etanol (ETBE). (Ver gráficas II.5, II.6 y II.7).

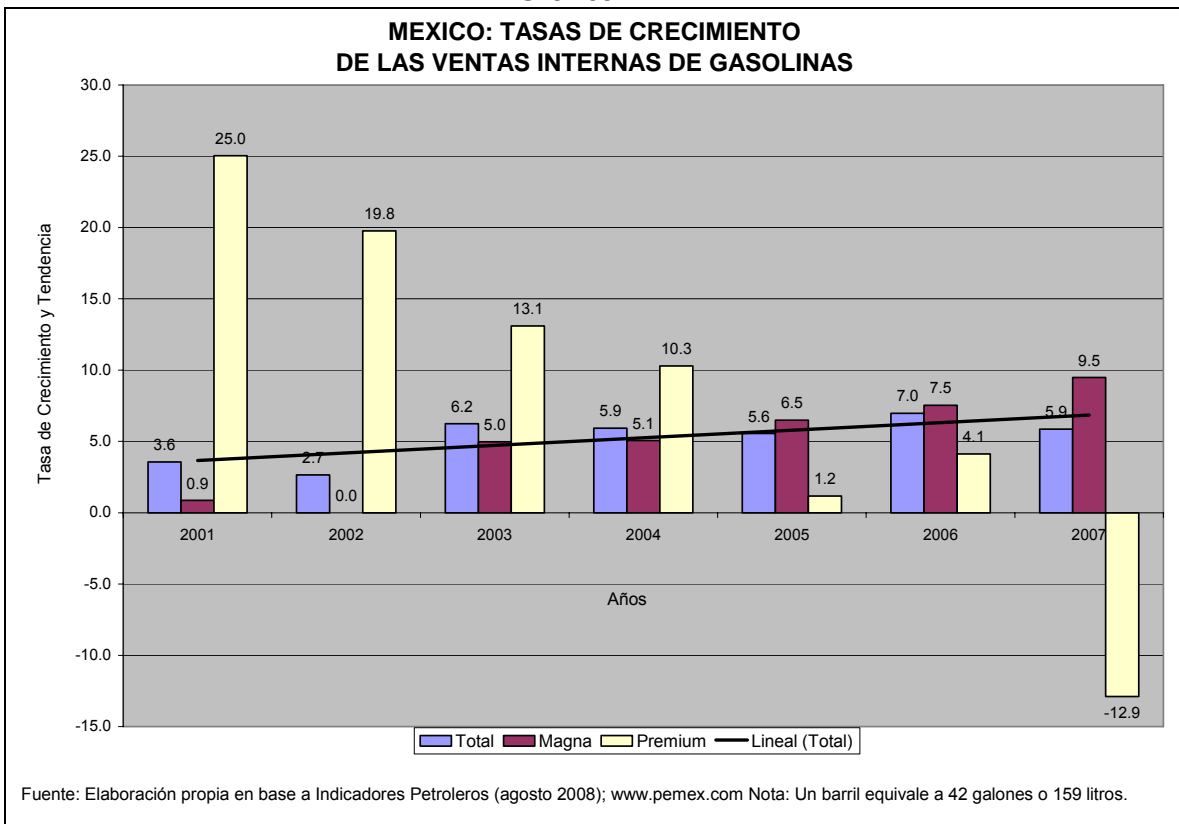
Gráfica II.5



Gráfica II.6



Gráfica II.7



Dicho lo anterior, y tomando en cuenta las proyecciones de crecimiento en la demanda de gasolina por parte de PEMEX, el estudio de la SENER-BIB-GTZ (Horta 2006), contempla tres escenarios para la introducción del etanol en México, y proyecta su demanda potencial para el 2010. Los escenarios planteados son los siguientes:

Escenarios 1: Sustitución de la producción nacional de MTBE (Metil Terbutil Éter) y TAME (Teramil Metil Éter) por ETBE (Etil Terbutil Éter) y TAEE (Teramil Etil Éter), manteniendo las importaciones de MTBE necesarias para satisfacer de la demanda de gasolinas oxigenadas en la zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey.

Escenarios 2: Sustitución total de los éteres derivados del petróleo por etanol a 5.7%, respetando las exigencias de oxigenación del 2% de peso, en 44% de las gasolinas consumidas a nivel nacional (consumo de las zonas metropolitanas).

Escenario 3: Mezclar etanol en 10% del volumen total de las gasolinas consumidas en el país, correspondiendo a un nivel de oxigenación del 3.5% en peso, porcentaje más utilizado en los países que utilizan etanol.

Bajo una serie de supuestos, entre los que destaca una tasa de crecimiento en el consumo de gasolina del 3%, una oxigenación de la misma del 2% en peso y tomando los valores para el 2005 (producción nacional e importado de oxigenantes, proporciones de MTBE (11%) y ETBE (12.5%) en las gasolinas), el estudio determinó la demanda potencial de etanol para cada uno de los escenarios descritos, para el año 2010.

Cuadro II.9
DEMANDA DE ETANOL EN MÉXICO PARA EL 2010

Escenario	Demanda de etanol para un crecimiento de la demanda de gasolina del 3.3% (miles de m3)	Ahorro de divisas por reducción de importaciones de gasolina y MTBE (miles de dólares)
1. Sustitución de la producción nacional de MTBE y TAME por ETBE y TAEE, utilizando la capacidad de producción instalada en las plantas de PEMEX Refinación.	411.9	185,355
2 Sustitución total de los éteres por etanol a 5.7% en 44% de las gasolinas (2% de oxigenación).	1,153.1	499,500
3 Mezclar 10% de etanol en el total de las gasolinas consumidas en el país (3.5% de oxigenación).	4,582.4	1,982,835

II.2.3 PRECIO

Como el consumidor primario de etanol es un monopolio estatal, PEMEX, no se puede determinar el precio a través de la libre oferta y demanda. Se trata de un mercado tipo monopsónio, altamente concentrado por parte del consumo y poco diversificado por parte de la producción. O sea, es un mercado de un sólo consumidor (PEMEX) y de pocos oferentes (potenciales industriales del etanol).

Dado lo anterior, la determinación del precio nacional del etanol sólo puede partir de dos referencias: la de los costos de producción y la del precio internacional. A partir del precio internacional se puede determinar el precio de indiferencia, pero éstos pueden ser varios. Existen precios de indiferencia para productor de etanol (industrial), para el consumidor primario (PEMEX) y para el consumidor secundario (usuario final).

Aunque el etanol combustible que se produzca en México, suponemos sería para el mercado nacional, se requiere tomar en cuenta el precio internacional del etanol. Para ello, recurrimos a los dos grandes mercados de etanol en el mundo: Brasil y Estados Unidos, y observamos su comportamiento en el tiempo, apreciando una tendencia descendiente, explicada, fundamentalmente, por una mayor oferta en cada uno de esos mercados.

Otro aspecto que debemos observar, antes de determinar el precio nacional del etanol, es el comportamiento futuro de los precios internacionales. Esto, sin duda impactará en el precio nacional y en los rendimientos de las futuras inversiones en las plantas de etanol en México. En una economía abierta como la nuestra, los precios internos están fuertemente influenciados por los mercados internacionales,

en este caso no sólo del producto final (etanol), sino de los insumos (caña, maíz, oleaginosas, etcétera). Como se observa en el cuadro II.10, los precios internacionales del etanol han venido aumentando, y su punto de inflexión lo tendrán en el ciclo 2009/10 a un valor de 55.6 dólares por hectolitro, y a partir de ahí empezaran a disminuir paulatinamente para estacionarse alrededor de 51 dólares para el 2017/18.

Cuadro II.10
PRECIOS INTERNACIONALES DEL ETANOL, 2002-2018
(Dólares/hl)

Año	Precio
2002/03-2006/07	31.4
2007/08	42.0
2008/09	53.0
2009/10	55.6
2010/11	54.0
2011/12	53.7
2012/13	53.6
2013/14	52.9
2014/15	52.8
2015/16	52.7
2016/17	52.0
2017/18	51.3

Notas: Un hectolitro (hl) equivale a 100 litros, a 26.42 galones ó 0.63 barriles; para 2002/03-2006/07 es un promedio; para 2007/08 es estimado; Se toma como precio internacional el de Brasil (Sao Paulo), Exdestilería.

Fuente: OECD-FAO; Agricultural Outlook 2008-20017

Por el lado de los factores internos, para la determinación del precio nacional del etanol, tenemos que enfocar el análisis desde la determinación de los precios de indiferencia, primero para el productor, segundo para PEMEX, y en tercer lugar para el consumidor final.

Para el productor, el precio de indiferencia sería aquel nivel de precio al cual le es indiferente producir etanol u otro producto a partir del mismo insumo. Suponiendo que se contemple producir etanol a partir de caña de azúcar en un ingenio, el

precio de indiferencia sería aquel al que le es indiferente producir azúcar o etanol. Es como un precio de oportunidad para el ingenio, si es menor al de la azúcar, él seguirá produciendo azúcar, si es mayor pudiera iniciar a producir etanol. Entonces la competitividad en la producción de etanol, medida en términos equivalentes de azúcar, debe ser mayor que este edulcorante.

Tomando el ejemplo de la caña, ya que es un producto que tiene distintos usos alternativos (azúcar, melazas y etanol), el precio de indiferencia se debe determinar en función de los precios del azúcar y de las melazas. En un ejercicio de esta naturaleza (Horta 2006), tomando el azúcar 96 grados de polarización y a partir de la ecuación Gay-Lussac, para la fermentación de azúcares a etanol, tenemos, la ecuación 1:



De la formula anterior se deduce que un litro de etanol requiere de 1.67 kilogramos de sacarosa para ser producido; determinando el precio de indiferencia como función del precio del azúcar, tenemos:

$$PIE (\$/litro) = 1.67 * Paz (\$/Kg) \text{ ----- (2)}$$

Donde:

PIE= Precio de Indiferencia del Etanol

Paz= Precio del azúcar

En México, la melaza es un subproducto siempre presente en la fabricación de azúcar, y sin problemas técnicos puede ser materia prima para la producción de etanol, por lo que bajo un esquema eficiente de producción, el ingenio no necesariamente tendría que dejar de producir azúcar, para producir etanol. Por lo

tanto, considerando una cantidad de azúcar promedio en la melaza del 56%, y haciendo la conversión de sacarosa a etanol, ocuparíamos 2.98 kilogramos de sacarosa para producir un litro de etanol. Entonces, la ecuación 2 la podemos reexpresar de la siguiente manera:

$$\text{PIE (\$/litro)} = 2.98 * \text{Pme (\%/Kg)} \text{----- (3)}$$

Donde:

Pme = Precio de la melaza

Así las cosas, el precio de indiferencia del etanol es un precio de oportunidad de la sacarosa, pero como ésta puede estar en distintos porcentajes en los diferentes productos que se pueden elaborar a partir de la melaza, entonces existen diferentes precios de indiferencia para el etanol, dependiendo si tienen más o menos sacarosa

Otro elemento a tomar en cuenta, por lo menos como referencia, son los precios internacionales del azúcar, aunque hay que reconocer que la exportación del azúcar está limitada por los contratos preferentes que otorga Estados Unidos, a través de cuotas, y de los contratos libres o de excedentes que se negocian en las Bolsas de New York Board of Trade y en Europa (Bolsa de Londres).

Como lo dijimos más arriba, desde la óptica del consumidor primario (PEMEX), existe otro precio de indiferencia. Como el etanol es un insumo que se utiliza para producir oxigenantes (ETBE y TAEE), el demandante, que es PEMEX, será indiferente si el precio del etanol es el mismo que el metano, insumo al que pretende sustituir. Además, habría que recordar que PEMEX importa,

aproximadamente, el 50% de los oxigenantes que requiere, por lo que tendría, además del anterior, otro precio de indiferencia.

Resumiendo este apartado, PEMEX Refinación tiene varios precios de indiferencia, uno es el valor al que compra a PEMEX petroquímica (producción nacional) el metanol; otro es el precio que le cuesta poner el MTBE y TAME importado en la zona de consumo; y otros podrían ser los que se determinen, dada la variabilidad del precio internacional de estos compuestos y la diferencia de oxígeno que contienen.

En este sentido, el Director General de PEMEX, Jesús Reyes Heróles, afirmó que esa institución “no pagará más por el etanol de lo que eroga actualmente por MTBE”, y que iniciarán con una planta piloto en el 2009 en la Ciudad de Guadalajara; proyectando para el 2011 y 2012 oxigenar con etanol toda la gasolina que se consume en las Ciudades de Monterrey y México, pero “producido principalmente de caña de azúcar”. Estimó que el requerimiento de PEMEX para el año 2012, será de 15 mil barriles diarios de etanol, “representando un reto no sólo por su producción, sino también en términos de logística y transporte”.¹³

Otro precio de Indiferencia es el que existe desde el lado del consumidor final. Para que al usuario final de la gasolina le sea indiferente entre consumir gasolina o gashol (mezcla de gasolina con etanol), el precio de ésta última debe ser más barato, en términos de rendimiento y considerando cualquier otro gasto de adaptación, desgaste y mantenimiento.¹⁴

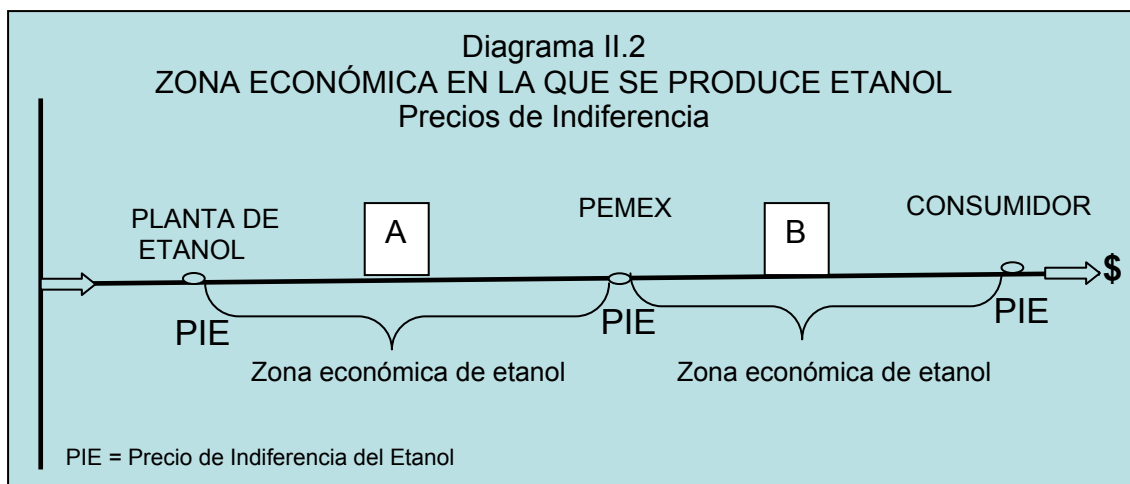
¹³ El Financiero, 14 de julio de 2008, sección de negocios; p. 19

¹⁴ El etanol contiene sólo el 65% del contenido energético de la gasolina, por lo que de entrada debe de costar un 35% menos que la gasolina.

Como podemos apreciar, es bastante complicado determinar los precios nacionales del etanol, ya que intervienen una serie de factores de carácter productivo, tecnológico, arancelarios, de precios de productos sustitutos, complementarios y relacionados.

El espectro de diferentes precios del etanol en México, sin duda son la señal que permitirá el desarrollo o el detenimiento de esta industria. Por lo tanto, los precios de indiferencia nos marcan el piso y el techo, para que los agentes privados y públicos, involucrados, entren o salgan a esta naciente actividad.

Suponiendo que sólo existe un precio de indiferencia para los productores de etanol (planta), otro para el consumidor primario (PEMEX), y otro para el consumidor final de gasolina, se forma un precio piso y otro techo, para cada tramo de la cadena productiva del etanol. Así se crea una **“zona económica del etanol”**, en la cual es factible, económicamente, producir etanol, ya que el precio para el que lo produce (planta) le permita ganancias mayores que si produjera otro producto; para el que lo compra (PEMEX), lo adquiere más barato que si continuara consumiendo MTBE y TAME; y para el consumidor final le conviene usarlo, porque le saldría más barato que seguir consumiendo gasolina tradicional. Esta idea la explicamos en el diagrama II.2. Para que se integre la cadena productiva del etanol y haya rentabilidad económica, los precios del etanol tienen que ubicarse en la zona A y B.



Finalmente, a manera de ejemplo de los precios de indiferencia, presentamos los obtenidos por Horta Nogueira (2006), mismos que fueron calculados para los ingenios que, a partir de la caña, obtienen productos, como melaza, azúcar destinada para los mercados abiertos y azúcar destinada para los mercados preferentes. También se calcularon los precios de indiferencia para los consumidores de gasolina y MTBE. (Ver cuadro II.11).

Cuadro II.11
PRECIOS DE INDIFERENCIA PARA EL INDUSTRIAL (CAÑA) Y CONSUMIDOR
(dólares por litro de etanol)

Producto	Precio (rango)
Melaza de caña	0.28-0.298
Azúcar, mercados abiertos	0.22-0.67
Azúcar, mercados preferentes	0.62-0.93
MTBE	0.47-0.548
Gasolina	0.45-0.523

Fuente: Opus cit

Este cuadro se explica de la siguiente forma. Suponiendo un ingenio que ya viene produciendo melaza o azúcar, que coloca en los mercados abiertos y/o

preferentes, y si el precio del etanol en el mercado superara estos precios de indiferencia determinados, el industrial se encuentra racionalmente inducido a producir etanol.

Ahora bien, si tomamos los precios internacionales del etanol, y partimos de estos precios de indiferencia, a México le conviene producir etanol a partir de la melaza de caña y no hacerlo dejando de producir azúcar.

México produce, aproximadamente, 6 millones de toneladas de azúcar al año, y el consumo gravita alrededor de 5.5 millones, por lo que dejar de producir azúcar para producir etanol, rápidamente, nos haría deficitarios en este importante alimento, con lo que estaríamos creando un problema mayúsculo, con tal de iniciar un camino energético relativamente incierto.

II.3 INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL

II.3.1 MARCO NORMATIVO

El marco legal del etanol en México lo conforman varias leyes, reglamentos y normas, todas ellas relacionadas entre sí, y referenciadas a la carta magna del país.

El 7 de diciembre de 2001 se publicó la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, que viene a reglamentar la fracción XX del artículo 27 constitucional y considera de interés público el desarrollo rural sustentable, que incluye la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización.

En su artículo 5, esta ley define que las políticas, programas y acciones que se impulsen en el medio rural tendrán los siguientes objetivos:

- I.** Promover el bienestar social y económico de los productores, de sus comunidades, de los trabajadores del campo y, en general, de los agentes de la sociedad rural, mediante la diversificación y la generación de empleo, incluyendo el no agropecuario en el medio rural, así como el incremento del ingreso;
- II.** Corregir disparidades de desarrollo regional a través de la atención diferenciada a las regiones de mayor rezago, mediante una acción integral del Estado, que impulse su transformación y la reconversión productiva y económica, con un enfoque productivo de desarrollo rural sustentable;

- III. Contribuir a la soberanía y seguridad alimentaria de la nación, mediante el impulso de la producción agropecuaria del país;
- IV. Fomentar la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de la calidad de los recursos naturales, mediante su aprovechamiento sustentable; y
- V. Valorar las diversas funciones económicas, ambientales, sociales y culturales de las diferentes manifestaciones de la agricultura nacional.

El 22 de agosto de 2005 se aprobó la Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, que reglamenta el artículo 25 y 27, fracción XX de la Constitución Política de nuestro país; considerando sus disposiciones de interés público y de orden social, y teniendo como objetivo normar las actividades relacionadas con el proceso de siembra, cultivo, cosecha, industrialización y comercialización de la caña de azúcar, sus productos, subproductos, coproductos y derivados.¹⁵

Esta ley, aparte de establecer una relación en varios de sus artículos con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, crea el Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Caña de Azúcar (CICTCAÑA), quien es la institución, de acuerdo al artículo 107, que propone al Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, "...los estudios y proyectos que tengan como prioridad el desarrollo y aprovechamiento de la agroenergía, en particular del

¹⁵ Esta ley en su artículo 104 define "coproductos" como una variedad de productos intermedios y finales que tienen como propósito dar un mejor uso a los residuos del proceso agrícola y de la industria de la caña de azúcar; "subproductos" como productos colaterales a la producción azucarera; y "derivados" como aquellos productos que se obtienen a partir de los subproductos de la caña.

etanol como carburante y oxigenante de gasolina a partir de mieles iniciales y de mieles finales...”¹⁶

A su vez, este Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar es quien le propondrá a la Comisión Intersecretarial los estímulos a la inversión para la producción de etanol como carburante, sin dejar incluir al resto de coproducidos, subproductos y derivados (artículo 108).

El primero de febrero de 2008 se publica la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergético, que reglamenta los artículos 25 y 27, fracción XX de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, cuyo objetivo general es promover y desarrollar los bioenergéticos, con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable del país.

Los sujetos de esta ley son los mismos que señala la Ley de Desarrollo Rural Sustentable en su artículo 2, que a saber son: “ejidos, comunidades y las organizaciones o asociaciones de carácter nacional, estatal, regional, distrital, municipal o comunitario de productores del medio rural, que se constituyan o estén constituidas de conformidad con las leyes vigentes y, en general, toda persona física o moral que, de manera individual o colectiva, realice preponderantemente actividades en el medio rural”; pero además, toda persona física o moral, que de manera individual o colectiva, realicen cualquier actividad relacionada con la producción, comercialización y/o distribución, transporte y almacenamiento de Bioenergéticos.

La ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos establece las bases para:

¹⁶ Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, DOF del 22 de agosto de 2005, artículo 107.

- I. Promover la producción de insumos para Bioenergéticos, a partir de las 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 el artículo 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.
- II. Desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los Bioenergéticos, para contribuir a la reactivación del sector rural, la generación de empleo y una mejor calidad de vida para la población; en particular las de alta y muy alta marginalidad.
- III. Promover, en términos de la Ley de Planeación, el desarrollo regional y el de las comunidades rurales menos favorecidas;
- IV. 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, y
- V. Coordinar acciones entre los Gobiernos Federal, Estatales, Distrito Federal y Municipales, así como la concurrencia con los sectores social y privado, para el desarrollo de los Bioenergéticos.

Al margen de profundizar más adelante en esta última ley, debemos resaltar que las tres normativas hasta aquí descritas, tienen como coincidencia reglamentar el artículo 25 y 27, fracción XX de la constitución. Pero ***¿qué señalan esos artículos y, específicamente, esa fracción?***

En términos generales, el artículo 25 de la carta magna define la rectoría del estado en el desarrollo nacional con el objetivo de fortalecer la soberanía nacional y conseguir, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo, una más justa distribución del ingreso y la riqueza.

“El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución.

Bajo criterios de equidad social y productividad, se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

La ley establecerá los mecanismos que faciliten la organización y la expansión de la actividad económica del sector social: de los ejidos, organizaciones de trabajadores, cooperativas, comunidades, empresas que pertenezcan mayoritaria o exclusivamente a los trabajadores y, en general, de todas las formas de organización social para la producción, distribución y consumo de bienes y servicios socialmente necesarios”.¹⁷

Por su parte, el artículo 27 define la propiedad de la tierra y sus aguas, y la fracción XX señala: “el Estado promoverá las condiciones para el desarrollo rural integral, con el propósito de generar empleo y garantizar a la población campesina el bienestar y su participación e incorporación en el desarrollo nacional, y fomentará la actividad agropecuaria y forestal para el óptimo uso de la tierra, con obras de infraestructura, insumos, créditos, servicios de capacitación y asistencia

¹⁷ Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 25

técnica. Asimismo expedirá la legislación reglamentaria para planear y organizar la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, considerándolas de interés público”.

Como podremos notar, las leyes que hemos comentado se desprenden de una parte sustancial de nuestra constitución política, que tiene que ver con la rectoría del estado en el crecimiento económico y en el fomento al empleo y a una justa distribución de la riqueza. Además, estas leyes están relacionadas y se complementan entre sí.

II.3.2 LEY DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO DE LOS BIONERGÉTICOS

Después de varias discusiones en ambas cámaras legislativas, el primero de febrero de 2008 se aprobó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, que viene a sentar las bases legales para la producción y comercialización de insumos; la producción, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y uso de los bioenergéticos en México. Es una Ley vinculada a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, cuyos destinatarios son los mismos, sumándole aquellas personas físicas o morales que se inserten en cualquier eslabón de la cadena productiva de los bioenergéticos. En su artículo 2, se definen algunos conceptos básicos, entre los que se encuentran los siguientes:

- **Bioenergéticos:** Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, domesticas, comerciales, industriales, de microorganismos y de enzimas, así como sus derivados,

producidos por procesos tecnológicos sustentables, que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente, en los términos de esta Ley; atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento.

- **Biodiesel:** Combustible que se obtiene por la transesterificación de aceites de origen animal o vegetal.
- **Biogas:** Gas que se produce por la conversión biológica de la biomasa, como resultado de su descomposición.
- **Etanol Anhidro:** Tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua.
- **Seguridad Alimentaria:** El abasto oportuno, suficiente e incluyente de alimentos a la población.
- **Soberanía Alimentaria:** La libre determinación del país en materia de producción, abasto y acceso de alimentos a toda la población, basada, fundamentalmente, en la producción nacional.

Esta Ley crea la Comisión de Bioenergéticos, integrada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría de Energía (SENER); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Secretaría de Economía (SE); y Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), a quienes se le da amplias facultades para establecer la estrategia nacional de la promoción y desarrollo de los bioenergéticos, requiriendo

escuchar la opinión de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable, en lo relativo a la producción y comercialización de insumos.

De las facultades específicas que se otorgan por dependencia, destacan las de la SAGARPA, a la que se le obliga a elaborar un programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico. Además de ser la responsable de expedir los permisos para la producción de bioenergéticos a partir del maíz, señalando que se otorgarán “solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional”.¹⁸

En México somos deficitarios en la producción de maíz, por lo que, anualmente, importamos una cantidad que varía entre 6 y 8 millones de toneladas, por lo que si aplicamos este artículo a pie juntillas, no se podría producir etanol de maíz en nuestro país.

En el caso de la SENER, destacan también dos cosas: elaborar un programa de introducción de bioenergéticos y “otorgar y revocar permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticos”.¹⁹

En la misma ley, la SEMARNAT queda obligada a evitar la contaminación ambiental, de las aguas, suelos y demás sitios que pudiera originarse en la producción de insumos y de bioenergéticos, así como aplicar las regulaciones contempladas en la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Además, se establece que esta dependencia vigile “que no se realice

¹⁸ Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, Diario Oficial de la Federación, 1 de febrero de 2008; artículo 11, fracción VIII.

¹⁹ Opus Cit, artículo 12, fracción III.

el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, con el fin de establecer cultivos para la producción de Bioenergéticos”.²⁰

La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos contempla los lineamientos generales que deberán observar las acciones que diseñen cada una de las dependencias involucradas en la Comisión de Bioenergéticos. Estas acciones de forma general se pueden clasificar en dos, mismas que deberán contener las siguientes características:

Acciones para el fomento de la producción de insumos

- Dirigidas a los productores de insumos
- Deberán impulsar la productividad
- Fomentar la generación de empleo
- Motivar la creación y consolidación de empresas rurales (participación accionaria de los productores de al menos el 30%)
- Fortalecer la competitividad del sector
- Garantizar la protección de los recursos naturales
- No poner en riesgo la seguridad alimentaria
- No poner en riesgo la soberanía alimentaria

Acciones para fomentar la producción de bioenergéticos

- Promover la creación de infraestructura
- Apoyos dirigidos al desarrollo y modernización de la industria de bioenergéticos. (infraestructura, instalación, adquisición y mantenimiento)
- Apoyo a personas que realicen investigación tecnológica

²⁰ Opus Cit, artículo 13, fracción IV.

- Apoyos a la Innovación tecnológica en las plantas de bioenergéticos

Un apartado muy importante de esta ley, por sus implicaciones futuras, es lo relacionado con la investigación científica y tecnológica, para la producción y uso de bioenergéticos en México. Establece que la SAGARPA y la SENER son las dependencias responsables de estas acciones y define que el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el desarrollo Rural Sustentable, creado por la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, será la instancia responsable de coordinar la investigación científica y tecnológica en materia de insumos, para lo cual lo dota de las siguientes facultades:²¹

- Realizar investigaciones científicas y tecnológicas, en materia de Insumos.
- Emitir opinión de carácter técnico y científico, para la administración y conservación de los recursos naturales, asociados a la producción de los bioenergéticos.
- Coordinar la formulación e integración del Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica en Materia de Insumos para Bioenergéticos, con base en las propuestas de las instituciones educativas, académicas y de investigación, universidades y organizaciones de productores.
- Coordinar la integración y funcionamiento de una red nacional de grupos, institutos de investigación y universidades, en materia de Insumos, para la

²¹ Opus Cit; artículo 21

articulación de acciones, la optimización de recursos humanos, financieros y de infraestructura.

- Dar asesoramiento científico y técnico a los agricultores, que así lo soliciten, para conservar, repoblar, fomentar, cultivar y desarrollar especies asociados a la producción de Insumos.
- Apoyar, desarrollar y promover la transferencia de los resultados de la investigación y de la tecnología generada de forma accesible a los productores de Insumos.
- Formular estudios y propuestas para el ordenamiento de la actividad en coordinación con centros de investigación, universidades, autoridades federales, de los Gobiernos de las Entidades federativas.
- Promover y coordinar la participación y vinculación de los centros de investigación, de las universidades e instituciones de educación superior con el sector productivo, para el desarrollo y ejecución de proyectos de investigación aplicada y de innovación tecnológica en materia de Insumos.
- Formular y ejecutar programas de adiestramiento y capacitación.
- Difundir sus actividades y los resultados de sus investigaciones, sin perjuicio de los derechos de propiedad intelectual y de la información que, por su naturaleza, deba reservarse conforme a la Ley de la materia.
- Difundir y publicar los resultados de las investigaciones que realicen de conformidad con la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

También se establece que este mismo Sistema coordine una Red Nacional de Información e Investigación en materia de Insumos, con la idea de vincular la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación y transferencia de tecnología.

La Ley que venimos comentando, también establece que las actividades y servicios relacionados con la producción, almacenamiento, transporte, distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticos, requiere de permiso por parte de la SENER. El objetivo es que se cumplan con las medidas de seguridad y calidad, por lo que los sujetos que operen sin los permisos respectivos, se acreditarán una multa, que puede ir de mil a 100 mil salarios mínimos generales vigentes en el Distrito Federal al momento de la falta, e incluso hasta la clausura total o parcial, ya sea de manera temporal o permanente.

En términos generales, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, aunque perfectible, viene a establecer las bases legales que permitirán el desarrollo de este importante sector, sobre todo, buscando proteger a los productores de insumos y cuidando que “no salga más caro el remedio que la enfermedad”.

Producir bioenergéticos, sin duda, es un elemento positivo, pero tiene que adoptarse como una estrategia nacional, con acciones e instrumentos específicos, que impacten en toda la cadena productiva, teniendo como centro nodal el desarrollo científico y tecnológico, que permita aprender del camino ya recorrido por Brasil y Estados Unidos, entre otras naciones.

El futuro de los bioenergéticos en México no debe limitarse a los productos tradicionales, como el maíz y la caña de azúcar, sino explorar con otras biomásas que permitan despresurizar la polémica alimentos versus etanol.

II.3.3 PLANES Y PROGRAMAS

II.3.3.1 ESTRETEGIA NACIONAL

Aunque el tema de los bioenergéticos tiene ya bastante tiempo en el mundo, en México es relativamente nuevo. Muestra de ello es que fue hasta el primero de febrero de 2008 cuando se aprobó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, no libre de una serie de discusiones sobre las ventajas y desventajas de promover esta actividad en el país.

Aunque tarde, esta ley viene a establecer las bases formales para que en México se revise a profundidad el tema, y se procure establecer una estrategia que permita desarrollar ordenadamente la producción de los bioenergéticos.

Hay que decir que, es a partir de esta ley que se crea la “Comisión de Bioenergéticos”, que será la instancia máxima que, desde el gobierno mexicano, establecerá las estrategias generales para el desarrollo de los bioenergéticos. Es, precisamente, esta comisión quien ha elaborado la “Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos”.

Se parte de reconocer el contexto global de la bioenergía como una industria dinámica, que ha venido creciendo su producción a nivel mundial. Se asienta que existen tres motivaciones para el desarrollo de los biocombustibles: **seguridad energética, reducción de emisiones contaminantes y desarrollo agrícola.**

Se aclara que en las tres motivaciones existen debates sobre las bondades y problemas que se pueden generar, no obstante, concluye recomendando la producción de biocombustibles, sin poner en riesgo la soberanía alimentaria e incluyendo a los productores primarios, sobre todo utilizando tecnologías de segunda y tercera generación. Indica que la principal motivación, para desarrollar los bioenergéticos a gran escala, es la posibilidad de impulsar el desarrollo rural sustentable y el desarrollo industrial y económico del país.

Esta estrategia general de promover las energías renovables y biocombustibles, normativamente se desprende del numeral 15.14 del Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 y del apartado III.2.11 y III.2.12 del Programa Sectorial de Energía 2007-2012, que compromete al gobierno a definir la conveniencia y factibilidad social, ambiental, técnica y económica, para la introducción de los biocombustibles en el transporte en México.²²

De la misma forma, los programas sectoriales de desarrollo agropecuario y pesquero y el de medio ambiente, contemplan objetivos específicos sobre la promoción de los bioenergéticos, señalando que el desarrollo de esta actividad tendrá que hacerse de una manera sustentable y mejorando los ingresos de los productores, incrementando su presencia en los mercados globales.

Se aclara que, en el corto y mediano plazo, el uso de biocombustibles y el crecimiento de esta industria están en función de los costos de las materias primas, la confiabilidad de su suministro, el costo y disponibilidad de otras fuentes de energía, así como de las políticas públicas que se instrumenten al respecto.

²² Calderón H. Felipe, Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012; y Kessel M. Georgina, Plan Sectorial de Energía 2007-2012, PP. 40-41.

Las estrategias generales para promover y desarrollar los bioenergéticos en México se agrupan en torno a tres vertientes:

1. **Coordinación.-** Son líneas de acción a corto y mediano plazo, que destacan los esfuerzos de coordinación entre los tres niveles de gobierno, el sector privado y el sector social.
2. **Políticas Públicas.-** son lineamientos que establecen un marco de promoción y regulación en la producción, procesamiento, distribución y utilización de la bioenergía, abarcando los temas de estructura agrícola, soberanía alimentaria, desarrollo rural sustentable, uso de la tierra, uso eficiente del agua, medio ambiente, procesos industriales, investigación y desarrollo tecnológico.
3. **Capacidades.-** Es aumentar las capacidades en el ámbito del conocimiento, información, integración tecnológica, cadenas de producción, recursos y restricciones entre los diversos entes participantes en la cadena productiva.

A continuación describimos las líneas estratégicas de acción para el desarrollo de los biocombustibles en México, planteadas por la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos:

Estrategia 1. Fomentar la Información

Aumentar la cantidad de información disponible sobre los diversos aspectos de las cadenas de producción y consumo de la bioenergía y los biocombustibles.

Desarrollar un claro panorama nacional de potenciales y oportunidades, que permita a todos los actores tomar decisiones, para un desarrollo rápido y firme de la industria de la bioenergía.

Estrategia 2. Fomentar la Investigación

Establecer programas de investigación multidisciplinarios, que abarquen los distintos aspectos de la bioenergía y los biocombustibles.

Propiciar condiciones que generen el desarrollo de nuevas tecnologías nacionales, y promover redes de investigación que tengan la virtud de multiplicar los efectos del conocimiento desarrollado.

Estrategia 3. Fomentar las Asociaciones para el Desarrollo de los Biocombustibles

Fomentar la interacción y la comprensión de los diversos actores de una industria de naturaleza multidisciplinaria.

Generar oportunidades de asociación, entre especialistas de distintas áreas, para dar un mayor dinamismo al crecimiento de la industria de la bioenergía y los biocombustibles.

Establecer mecanismos para la difusión de información, que sirvan para alimentar las ideas de los diversos actores y dar lugar a nuevas opciones, así como permitir que encuentren respuestas a los múltiples problemas que se presenten en las cadenas de producción y consumo.

Estrategia 4. Generar Certidumbre de Mercado

Propiciar el mejor aprovechamiento de los recursos al establecer visiones conjuntas para la implementación de los sistemas de producción y consumo de los biocombustibles.

Fomentar la interacción con los mercados domésticos e internacionales de combustibles, para que los biocombustibles mexicanos se conviertan en una opción relevante en el portafolio de los sistemas de energía.

Dar certidumbre a la producción sobre las necesidades del consumo y consumo sobre las capacidades de la producción.

Buscar mecanismos que permitan que el calor agregado de las cadenas de producción y consumo se distribuyan, de acuerdo con la actividad productiva, de manera honesta, transparente y equitativa.

Estrategia 5. Impulsar la Implementación, Aumento de Capacidades y Producción

Generar las capacidades necesarias en los diferentes sectores y en los diversos segmentos de las cadenas de producción y consumo de energía, para permitir el aumento en la participación de las energías renovables, la bioenergía y los biocombustibles en el balance energético de la nación.

Reducir los riesgos para la implementación y desarrollo de proyectos, mediante el aumento de capacidades y certidumbre de los resultados a nivel técnico, económico, ambiental y social.

Producir biocombustible para su incorporación gradual como elemento en mezclas de combustibles para el transporte y otros combustibles a nivel nacional.

Desarrollar una industria de la bioenergía y los biocombustibles con la calidad y el dinamismo necesario para competir en los mercados a nivel internacional.

Estrategia 5.1: Desarrollar programas intersectoriales de bioenergía

Identificar opciones para el desarrollo de la bioenergía, que sean apropiadas para el país, de acuerdo a sus beneficios sociales y ambientales, así como su potencialidad de competitividad comercial.

Identificar las necesidades de investigación para el desarrollo de nuevas políticas y programas, para la innovación tecnológica.

Establecer marcos normativos y regulatorios.

Formular proyectos específicos y programas de implementación regional. La experiencia en proyectos reales, bajo diversos contextos y disseminación de las lecciones aprendidas, son necesarias para impulsar el sano desarrollo de la industria de bioenergía. Se deben elegir proyectos de importancia crítica, para desarrollar la industria de acuerdo a las capacidades locales.

Desarrollar la cooperación intersectorial entre los diversos sectores que deberán participar, o que son afectados por el desarrollo de los biocombustibles.

Estrategia 5.2: Impulso a la investigación y el desarrollo

Llevar a cabo investigación en políticas públicas para los biocombustibles, incluyendo el análisis de los apoyos gubernamentales, que serían más efectivos; identificación de las barreras para el desarrollo de la bioenergía y las respuestas de política pública a dichas barreras.

Identificar áreas de interés regional específico. Por ejemplo, el desarrollo de biocombustibles para una industria local.

Promover la colaboración entre investigadores, a nivel nacional e internacional.

Estrategia 5.3: Facilitar la transferencia de tecnología y el intercambio de experiencias

Fomentar la transferencia de tecnología y la difusión de equipos y materiales necesarios.

Establecer vínculos con las principales y más confiables fuentes de información en el mundo.

Estrategia 5.4: Aumento de capacidad e información de los actores principales

Agricultores, miembros de organizaciones rurales y campesinas, funcionarios públicos en los tres niveles de gobierno, el público en general y los consumidores de energía, inversionistas y financieros, la comunidad académica y de investigación, empresarios y organizaciones no gubernamentales.

Estrategia 5.5: Aumento de capacidad en temas estratégicos

Habilidades administrativas para el desarrollo de negocios, que combinen conocimientos de agricultura y energía.

Habilidades técnicas específicas a los nuevos cultivos energéticos y a los procesos, para su conversión e incorporación en la matriz energética nacional.

Conocimientos sobre los mercados energéticos y agrícolas, así como sobre los temas de comercio que aplican a ambos.

Mercadotecnia de sistemas de energía renovable y sensibilización del público en general. Negociación comercial.

Estrategia 5.6: Desarrollo de esquemas financieros

Se deben desarrollar esquemas financieros para distintas partes de la cadena, incluyendo micro-financiamiento a los productores en pequeña escala.

Desarrollo de programas de fomento y otros esquemas innovadores, que permitan la amplia participación de pequeños productores en el mercado de la bioenergía.

Desarrollo de sistemas de garantías, riesgo compartido y otros mecanismos de mitigación de riesgos, para impulsar la participación de inversión privada en nuevas tecnologías.

Impulsar la creación de sociedades entre los sectores público, privado y social.

II.3.3.2 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE INSUMOS PARA BIOENERGÉTICOS Y DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO

Dentro de la infraestructura institucional, que recientemente se ha venido diseñando en México, y que emana de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, está el *Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (PROINBIOS)*, mismo que nos proponemos comentar brevemente en este apartado.

El Programa fue elaborado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), y tiene como objetivo general “fomentar la producción de insumos para bioenergéticos y su comercialización, aumentando la competitividad y mayor rentabilidad del campo mexicano, prioritariamente en zonas de alta y muy alta marginalidad, por medio del desarrollo científico y tecnológico, bajo criterios de sustentabilidad, el uso de paquetes integrales de tecnificación y promover asociaciones empresariales, que den como resultado empleo rural estable y bien remunerado, y coadyuven a la transformación del entorno rural y agrícola de México”.²³

Este ambicioso objetivo se planea conseguir a través de múltiples objetivos particulares, entre los que se encuentran la difusión del marco normativo, la promoción de la producción de insumos, el fomento de la industria, el desarrollo científico y tecnológico, hacer normas para controlar la calidad y seguridad, así

²³ Cárdenas Jiménez Alberto; Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico; SAGARPA, 2008.

como el seguimiento del impacto de los biocombustibles en materia de seguridad alimentaria y desarrollo rural.

Los objetivos particulares los podemos agrupar en cuatro áreas: **a) Insumos**, que son los que implican asesorar y apoyar a los productores y a sus organizaciones, para que produzcan cultivos bioenergéticos; **b) Industria**, que son los que comprenden fomentar la agroindustria y la inversión privada e infraestructura pública; **c) Ciencia**, que son los que involucran el desarrollo científico y tecnológico, vinculándolo con el desarrollo de la industria; y, **d) Normativa**, que son los que contemplan la aplicación de la ley, reglamentos, normas, requisitos, medidas de seguridad y criterios de sustentabilidad.

La estrategia general planteada por el gobierno federal, para el desarrollo de los bioenergéticos, se hace desde cinco áreas:

- 1. Fomento a la información.-** En el corto plazo, aumentar la cantidad de información disponible sobre los diversos aspectos en las *cadena sistemas-producto* de producción de insumos, producción y consumo de bioenergético. Desarrollar un claro panorama nacional de potenciales y oportunidades que permita a todos los actores tomar decisiones para un desarrollo rápido y firme de la agroindustria de la bioenergía.
- 2. Fomentar la Investigación.-** Impulsar y desarrollar la investigación científica para la producción sustentable de insumos destinados a la producción de bioenergéticos, en apego de criterios de sustentabilidad, para el desarrollo de tecnologías de primera, y en su caso de segunda y tercera generación, y que garantice una seguridad alimentaria y desarrollo rural sostenido.

- 3. Fomentar las asociaciones para el desarrollo de los biocombustibles.-** La naturaleza multidisciplinaria de los sistemas de bioenergía implica la participación de especialistas de diversas áreas. Los actores incluyen expertos de los sectores: agricultura, forestal, medio ambiente, industria, comercio, energía y energía eléctrica. Dentro de estos sectores deberá incluirse actores relacionados con el gobierno, las asociaciones de productores agrícolas, el sector financiero, la industria química, las organizaciones de la sociedad civil, por que se considera de vital importancia apoyar el desarrollo de organizaciones alrededor de los biocombustibles.
- 4. Generar certidumbre de mercado.-** Fortalecer la política de mercados; propiciando la inversión y el empleo, promoviendo la mayor eficiencia en la distribución a la agroindustria de bioenergía que garantice su producción, en apego de criterios de sustentabilidad, a través del conocimiento de la demanda real y potencial de los insumos para bioenergéticos por región.
- 5. Impulsar la implementación, aumento de capacidades y producción.-** Fomentar una producción sustentable de los insumos para bioenergéticos, a partir de estudios agronómicos, agroclimáticos, económicos y de criterios de sustentabilidad, que nos permitan determinar tanto el impacto ecológico, como la rentabilidad económica de los cultivos con potencial y las regiones para su producción; que garanticen el abasto suficiente, oportuno y de calidad de los insumos para la producción de bioenergéticos.

Los retos que se plantea el programa para la producción de bioenergéticos, para el 2012, los resumimos en el cuadro II.12.

Cuadro II.12

PRODUCCIÓN DE BIOENERGÉTICOS EN MÉXICO: RETOS PARA EL 2012

1. Producción sustentable de diversos insumos para la producción de bioenergéticos.
2. Mapas específicos de zonas con potencial productivo.
3. Programa nacional de investigación científica y desarrollo tecnológico.
4. Operar una red integral de investigadores.
5. Establecer un banco de semillas y material vegetativo.
6. Fortalecer las cadenas “sistemas-producto” que contribuyan a la producción de insumos para bioenergéticos.
7. Promover la inversión y el empleo de valor agregado para el desarrollo rural, en áreas de alta o muy alta marginalidad.
8. Incrementar la reconversión y diversificación productiva del sector primario.
9. Preservación de los recursos naturales y la biodiversidad, contribuyendo a la disminución de las emisiones de CO₂.
10. Crecimiento sostenido de la producción de insumos, respetando la seguridad alimentaria.
11. Satisfacer la demanda anual de 13.2 millones de toneladas de biomasa para la producción de etanol.

12. Establecer una superficie de hasta 70 mil hectáreas para el año 2009 y alcanzar una meta de 300 mil hectáreas para el año 2012, destinadas a la producción de insumos para bioenergéticos.

El programa plantea desarrollar los bioenergéticos a través de bastantes acciones específicas, de las cuales sólo resaltaremos las más importantes por su peso y trascendencia. La meta principal es producir 3 mil 400 barriles diarios de etanol para el año 2010, mismos que se consumirán en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara. Se considera que la demanda de gasolinas en esta zona será de 55 mil 200 barriles diarios, por lo que se necesitarán 3 mil 400 barriles diarios de etanol (200 millones de litros al año) para oxigenarlas al 2% en peso.²⁴

Para producir esa cantidad de etanol se requieren 3 millones de toneladas de biomasa, misma que puede ser de caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha o una combinación de todas ellas. ¿De donde saldrá esta cantidad de biomosa? El Estado de Jalisco tiene una superficie sembrada de 65 mil hectáreas de caña de azúcar, 43 mil de sorgo dulce y 52 mil de remolacha, y una gran parte de esos cultivos tienen un alto potencial productivo y se concentran alrededor de los

²⁴ La NOM 086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, señala que las gasolinas deben contener un máximo de oxigenantes de 2.7% (DOF, 30 de enero de 2006).

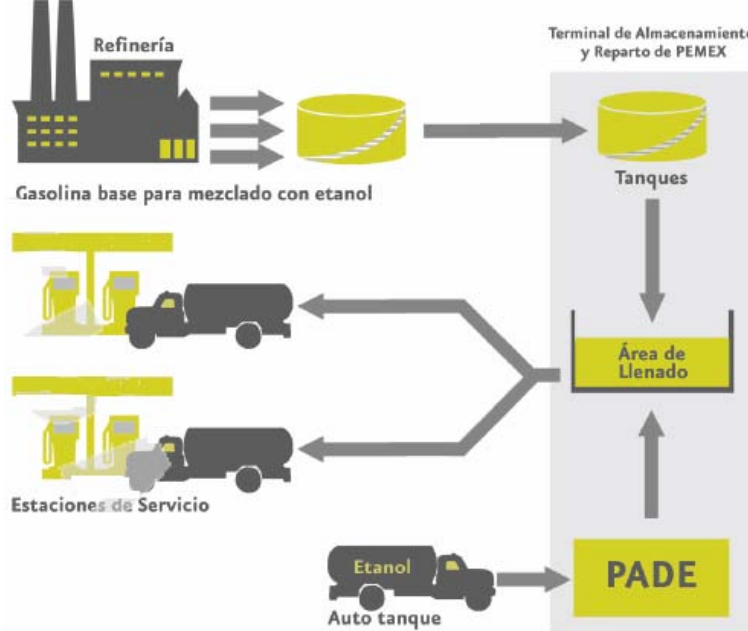
ingenios de Tamazula, Bellavista, Ameca, José María Morelos, Tala y Melchor Ocampo.

Otra meta importante es hacer una prueba piloto. Se está contemplando, de forma correcta, que para introducir los biocombustibles en México se requieren datos más precisos sobre los efectos de éste sobre la producción de insumos, transformación, tecnologías utilizadas, adaptaciones al sistema de almacenamiento y reparto de PEMEX, balances netos ambientales, económicos y energéticos, entre otros.

La prueba piloto está diseñada para introducir etanol anhidro en dos estaciones de servicio durante un período de 42 días, en un lote de 16 mil barriles de gasolina base magna.

Se establece para tal efecto la Refinería de Salamanca, Guanajuato, una de las dos Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) de Guadalajara (El Castillo o Zapopan) y dos tanques de 8 mil barriles cada uno. La gasolina base será ahí mezclada con 3 mil 500 litros diarios de etanol, para ser enviada a las dos estaciones de servicio, y que posteriormente sea comercializada a razón de 60 mil litros diarios. El abasto de etanol deberá hacerse por medio de autotanques, estimando que cada cinco días entregarán etanol a la TAR, para mantener un inventario de 20 mil litros. PEMEX requiere, adicionalmente, instalar un Paquete de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro (PADE), así como algunos ajustes al interior de la refinería. El costo total estimado de la prueba piloto es de 400 mil dólares, y tendrá verificativo a finales de 2008. (Ver diagrama II.3).

Diagrama II.3
PROCESO DE MEZCLADO DE GASOLINA Y ETANOL



En la visión de las autoridades competentes, plasmada en el PROINBIOS, no se contempla la producción de etanol a partir del maíz, en primer lugar, porque somos deficitarios en dicho grano y la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos lo prohíbe cuando eso sucede²⁵; y segundo, por que los análisis realizados sobre la materia (SENER-BID-GTZ) revelen una viabilidad menor para el maíz, en comparación con la caña de azúcar y la remolacha.

En México existen varios cultivos a partir de los cuales se puede hacer biocombustibles líquidos, sólo que algunos son más viables técnica, ambiental y económicamente. El programa plantea el etanol a partir de la caña de azúcar,

²⁵ En el artículo 11, fracción VIII, de esta ley faculta a la SAGARPA para “otorgar permisos previos para la producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz, en sus diversas modalidades, mismos que se otorgarán solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional”.

sorgo dulce y remolacha; y el biodiesel a partir de jatropha, palma de aceite e higuera.

Se considera que si deseamos oxigenar el total de gasolinas al 2% de peso en las tres principales zonas metropolitanas del país, como Monterrey, Guadalajara y Valle de México, se requieren 13.2 millones de toneladas de biomasa para producir 880 millones de litros por año, que sería la demanda total de etanol para el 2012.

De acuerdo al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México cuenta con bastos recursos naturales, a partir de los cuales se pueden producir biocombustibles líquidos, dada sus condiciones climáticas y geográficas. Además, actualmente, la producción de energía, a partir de la biomasa en México, es muy reducida, llegando apenas al 3.4%, por lo que su potencial de crecimiento es muy grande. En ese sentido, este instituto ha conformado el mapa II.1, donde muestra el potencial de producción de cultivos energéticos en México.

Mapa II.1
CULTIVOS ENERGÉTICOS EN MÉXICO



Finalmente, aunque los recursos aprobados en el ejercicio 2008 son muy limitados (300 millones de pesos) y las acciones planeadas son muchas, presentamos un resumen de las mismas, aclarando que el cumplimiento de muchas de ellas implica varios años, además de que pudieran sufrir algunos ajustes en razón de las mejoras y los avances en los cultivos, la tecnología aplicada, la prueba piloto, el desarrollo de la industria, el almacenaje, distribución y comercialización de los biocombustibles:

1. Creación de un portal de información sobre insumos y bioenergéticos, que permita la comunicación continua entre los diversos actores de la cadena de producción.
2. Desarrollo de bases de información referenciadas sobre potenciales de cultivos energéticos en diversas regiones del país.
3. Desarrollo de mapas de potencial de especies vegetales, para fines energéticos.
4. Formar un comité para la integración de información con las diferentes líneas de investigación a nivel nacional, junto con la visión estratégica y los programas futuros, para el desarrollo de la industria de la bioenergía, que pueda ser publicada en el portal de información.
5. Comparación de mapas y bases de información de especies energéticas, con información sobre recursos hidráulicos y agrícolas.
6. Implementar campañas de información para sensibilizar al público en general sobre las energías renovables, la bioenergía y los biocombustibles, así como sus efectos sobre el medio ambiente.

7. Impulsar el Programa Nacional de Investigación Científica y Tecnológica en materia de insumos para bioenergéticos, que aportará elementos para la toma de decisiones a favor de la producción sustentable de insumos para bioenergéticos.
8. Propiciar el desarrollo de estudios para evaluar la vocación, el impacto ambiental, económico, social, así como el balance energético y el potencial de la bioenergía, a nivel local y regional.
9. Coadyuvar a la generación de tecnologías productivas de punta en cultivos con potencial en la producción de insumos para bioenergéticos, a fin de incrementar su productividad y competitividad de forma sustentable.
10. Promover convenios de apoyo a la asistencia técnica, capacitación, innovación y transferencia tecnológica entre instituciones de investigación, científicas y de tecnología, asociaciones de profesionales y los productores.
11. Promover convenios de vinculación de los servicios de extensión educativa y las organizaciones de productores.
12. Impulso para la creación o fortalecimiento de organizaciones o comités sistema-producto, que representen a los distintos actores de la economía nacional, que produzcan especies vegetales y cultivos energéticos.
13. Realización de talleres regionales para el análisis de los balances energéticos, rentabilidad económica y los balances de emisiones que producen los diversos tipos de especies vegetales, cultivos energéticos y tecnologías de conversión.
14. Realización de talleres regionales para el análisis de los requisitos sobre uso de la tierra, uso del agua, consumo de energía e impactos sociales de

diversos tipos de especies vegetales, cultivos energéticos y tecnologías de conversión, en apego de criterios de sustentabilidad.

15. Realización de talleres regionales para el análisis de la seguridad alimentaria, a la luz del desarrollo de los biocombustibles.
16. Establecer criterios y elementos para el diseño, seguimiento y evaluación ambiental, social, económica y energética de las diferentes estrategias y proyectos de biocombustibles.
17. Propiciar esquemas de negocio autosustentable, para lograr crecimientos de la producción de la agroindustria de la biomasa en apoyo de los bioenergéticos.
18. Propiciar los mecanismos de coordinación y vinculación de las actividades entre los diferentes sectores de la Administración Pública Federal y con los diversos sectores productivos del país, así como entre las entidades federativas y los municipios.
19. Promover la inversión de las actividades agropecuarias y pesqueras encaminadas a la producción sustentable de insumos para bioenergéticos, a partir de estudios económicos que permitan determinar la rentabilidad económica de los cultivos con potencial para insumos, y coadyuvar en la mejora de los índices de productividad, y desarrollo rural.
20. Diseñar esquemas para dar impulso a la participación de la pequeña y mediana empresa en las cadenas de producción y consumo de la bioenergía.
21. Establecer acuerdos y criterios con la agroindustria de la biomasa, que permita una sana competencia de los bioenergéticos en el mediano y largo

plazo, basados en la evaluación del impacto ambiental, económico, social y de seguridad alimentaria.

22. Desarrollo de elementos de normatividad y regulación para la producción y comercialización de insumos para bioenergéticos, tomando en cuenta medidas de seguridad y demás aspectos pertinentes para la producción sustentable de insumos.
23. Generación de marcos regulatorios y normativos que den certidumbre a las distintas etapas de la producción del insumo, procesamiento y utilización de los biocombustibles.
24. Regulación y programas para el manejo de especies vegetales y cultivos energéticos y forestales, con apego de criterios de sustentabilidad.
25. Impulsar el desarrollo de cultivos con los materiales vegetativos y semillas con potencial de biomasa para la producción sustentable de insumos para bioenergéticos, de acuerdo con las prácticas que las investigaciones científicas y tecnológicas aconsejen, y en las zonas de producción con potencial productivo que determinen los estudios integrales, considerando prioritariamente a las zonas de alta y muy alta marginalidad.
26. Coadyuvar en la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas relativas a los requisitos, características, medidas de seguridad y demás aspectos pertinentes que permitan la producción sustentable de insumos para bioenergéticos.
27. Coadyuvar en el acompañamiento técnico a la producción de insumos para bioenergéticos, promoviendo la consolidación de parcelas, para formar unidades compactas de producción, que permitan la aplicación de

economías de escala, así como mecanizar e incorporar sistemas eficientes de cosecha en la producción de insumos.

28. Establecer un sistema de información geográfica, donde se identifique la demanda y oferta de alimentos, versus insumos, para bioenergéticos, y sirva como fuente de estadísticas que apoyen la elaboración de estudios y diversas estrategias que les permita determinar y orientar su producción de insumos de bioenergéticos, y dar seguimiento, periódicamente, del impacto en materia de seguridad alimentaria y desarrollo rural.

II.3.3.3 PROGRAMA DE INTRODUCCIÓN DE BIOENERGÉTICOS

El Programa de Introducción de Bioenergéticos de la Secretaría de Energía viene contemplado en el artículo 12, fracción VIII de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. La ley señala que este programa debe definir los plazos y regiones para la incorporación del etanol y el biodiesel al consumo en México, señalando las necesidades de infraestructura para su producción, transporte y comercialización.

En ese sentido, el objetivo general indicado en el programa es “brindar certidumbre para el desarrollo de la cadena de producción-consumo de biocombustibles, integrada y competitiva, como una alternativa para su incorporación en la mezcla de combustibles para el transporte”.²⁶

Se enfatiza en los objetivos particulares sobre la conveniencia de impulsar el desarrollo científico y tecnológico, diversificar las fuentes primarias de energía y colaborar con todos los sectores involucrados en la cadena insumos-transformación-transporte-comercialización de los bioenergéticos. Además, señala la creación de oportunidades para las pequeñas y medianas empresas del país, a través de la formación de cluster.

La estrategia de este programa está en concordancia con el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico (PROINBIOS), detallado en la sección anterior. Cuentan con la misma visión, ya que los dos parten del mismo diagnóstico internacional, nacional y de la misma ley.

²⁶ Kessel M. Georgina; Programa de Introducción de Bioenergéticos, Secretaría de Energía, 2008.

Los principales retos del Programa de Introducción de Bioenergéticos es lograr una introducción gradual, integral y sustentable de los biocombustibles en México, sin poner en riesgo la soberanía alimentaria ni vulnerar el ingreso de los más necesitados. Para ello, se tiene que fomentar la producción de insumos, procurando que sean técnica, social y económicamente rentables; promover la inversión y el empleo, procurar el acceso al financiamiento, la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías, tanto en la producción como en la transformación de los bioenergéticos.

Entre los resultados esperados que marca este programa están los de lograr una producción sustentable de insumos, contar con un programa nacional de investigación científica y tecnológica, operar una red de investigadores, articular los diversos actores de la cadena, invertir para que una parte importante del valor agregado se quede en el medio rural, y contribuir a reducir las emisiones de CO₂, todo sin descuidar la seguridad alimentaria y respetando los recursos naturales y la biodiversidad.

Buscando englobar lo anterior, se puede decir que el reto es integrar una cadena productiva moderna, multisectorial, incluyente y participativa, que contribuya al desarrollo rural sustentable, industrial y comercial, sin poner en riesgo la soberanía alimentaria.

Hablando específicamente de la introducción de etanol en las gasolinas, PEMEX tiene varios retos que resolver, dado que requiere hacer adecuaciones e innovaciones en sus sistemas tradicionales de producción, almacenamiento y distribución de la gasolina. La logística de abastecimiento, tanto de etanol como del nuevo tipo de gasolina que se requiere, su mezclado en las Terminales de

Almacenamiento y Reparto (TAR), la instalación del Paquete de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro (PADE), el control de calidad, los sistemas de control de fugas y demás infraestructura necesaria, son sólo algunos de los aspectos que se tendrán que resolver.

Para solucionar el problema de falta de información precisa sobre esos detalles técnicos y logísticos, el programa contempla la realización de una prueba piloto en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, durante 42 días y utilizando dos estaciones de servicio. De la refinería de Salamanca se surtirán 16 mil barriles de gasolina base magna, para ser mezclados en una Terminal de Almacenamiento y Reparto de PEMEX con 3 mil 500 litros diarios de etanol anhidro²⁷.

Además de la prueba piloto, el uso del etanol en las gasolinas de manera generalizada requiere de mayores inversiones y una adecuada infraestructura. En este sentido, el programa está contemplando iniciar la introducción de los biocombustibles en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, para lo que está planeando un programa de inversiones públicas que permitan detonar la inversión privada en ese sector y en esta zona.

Integrar la cadena productiva del etanol requiere del concurso de la inversión pública, privada y social. Las estimaciones preliminares sobre la inversión pública, para desarrollar la infraestructura en las TAR's, para abastecer la Ciudad de Guadalajara, son del orden de 320 millones de pesos, y la terminación de la ingeniería del proyecto estará para el tercer trimestre de 2009, para posteriormente licitar y construir la obra, misma que se proyecta terminar para finales de 2010.

²⁷ Para más detalles sobre esta prueba piloto y sus costos ver el apartado II.3.3.2 d esta investigación.

Dadas las características del etanol y su alta explosividad por el mayor octanaje que tiene, para su mezclado se requiere una gasolina base distinta a la que actualmente comercializa PEMEX. Técnicamente se necesita eliminar o reducir algunos elementos que llevan las gasolinas actuales e introducir otros, dependiendo del porcentaje de etanol y las características de la gasolina base. Por ejemplo, en el caso del butano, la alta explosividad lo hace incompatible con el uso de etanol anhidro en la mezcla de gasolina.

Por lo anterior, PEMEX tiene varios retos por resolver en los siguientes años, para poder hacer realidad la introducción de los biocombustibles en México. Un resumen de dichos retos se muestra en el cuadro II.13.

Cuadro II.13

RETOS DE PEMEX PARA LA INTRODUCCIÓN DE ETANOL EN LAS GASOLINAS

1. Se requiere diseñar una nueva gasolina base que permita el uso de etanol, sin modificar la presión de vapor y la temperatura de destilación.
2. Es necesario revisar los aspectos técnicos del transporte en pipa de los combustibles, para no comprometer la especificación y calidad de la mezcla combustible.
3. Será necesario adecuar la infraestructura y modo de operación de las refinerías, para poder producir las gasolinas base con baja presión de vapor.
4. PEMEX recomienda retirar los butanos del pool de gasolinas mezcladas con etanol, lo que implica mayores costos de producción y disminución del rendimiento de gasolinas en un 5%.

5. Se requiere nueva infraestructura para el manejo, mezclado, carga y recepción del etanol.
6. Adecuación de tanques y sistemas que no sean compatibles con la gasolina oxigenada con etanol.
7. Se advierte que los costos de producción y transporte dominan el precio del etanol.

Con la idea de contar con un panorama más claro de las diversas acciones específicas que contempla el Programa de Introducción de Bioenergéticos, a continuación presentamos un resumen apretado de las mismas:

1. Creación de un portal de información sobre los biocombustibles.
2. Desarrollo de una base de datos sobre las diversas tecnologías.
3. Fomento de proyectos demostrativos para las nuevas tecnologías de conversión.
4. Publicación de indicadores, para determinar el desempeño e impactos ambientales, sociales, económicos y energéticos.
5. Diseño y producción de la gasolina base de 85.5 octanos y 8.0 RVP.
6. Homogeneidad y estabilidad de la dosificación adecuada, para la generación de gasolinas dentro de especificaciones.
7. Desempeño operativo del Paquete de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro (PADE).

8. Estudiar el impacto en los materiales de líneas, llenaderas, autotanques, etcétera, que manejen etanol y mezcla de etanol en gasolinas.
9. Aspectos de seguridad en el manejo de etanol y compatibilidad con los equipos de seguridad.
10. Análisis de calidad de la mezcla de gasolina con etanol.
11. Calidad y volumen del etanol suministrado, en función de la estacionalidad de la producción y capacidad de almacenamiento.
12. Estudios del desempeño de vehículos, para estimar los efectos locales de contaminación, ante la incorporación de biocombustibles.
13. Evaluar el impacto ambiental, económico, social, así como el balance energético y el potencial de la bioenergía a nivel local y regional.
14. Formar un comité para la integración de información con las diferentes líneas de investigación a nivel nacional.
15. Formar comités que representen a los distintos actores de la economía nacional que produzcan especies vegetales y cultivos energéticos.
16. Realización de talleres regionales para el análisis de los balances energéticos y los balances de emisiones.
17. Realización de talleres regionales para el análisis de los requisitos sobre uso de la tierra, agua, consumo de energía e impactos sociales.
18. Realizar seminarios regionales sobre energías renovables, bioenergía, biocombustibles y Mecanismos de Desarrollo Limpio.
19. Propiciar esquemas de negocio autosustentable para el crecimiento de la industria de los bioenergéticos.

20. Fomentar la inversión privada y social para la producción, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y uso.
21. Diseñar esquemas para impulsar la participación de la pequeña y mediana empresa en las cadenas de producción y consumo.
22. Establecer acuerdos con la industria que permitan una sana competencia de los bioenergéticos en el mediano y largo plazo.
23. Desarrollo de una especificación de calidad para los biocombustibles que puedan ser incorporados en las mezclas de combustibles líquidos.
24. Implementación de un programa de sellos voluntarios de empresas que utilizan la eficiencia energética y las energías renovables.
25. Generar certidumbre a las distintas etapas de la producción de insumos y biocombustibles, a través de mejoras en el marco normativo.
26. Establecer acuerdos de cooperación internacional, para desarrollar la industria de la bioenergía y los biocombustibles.
27. Establecer programas de investigación y desarrollo para la incorporación de las especies y residuos forestales, para la producción de bioenergía y biocombustibles de segunda y tercera generación.

II.4 CONCLUSIÓN

De la revisión realizada en esta investigación, se concluye que la oferta de alcohol en México, que puede convertirse en etanol, es de aproximadamente 39.2 millones de litros al año, con posibilidades de crecer a 89.2 millones de litros.

La introducción de etanol en México iniciará cambiando los oxigenantes de las gasolinas, sustituyendo el MTBE y TAME por ETBE y TAEE. La oferta de MTBE es de 9 mil 500 y la de TAME es de 6 mil 100 barriles diarios, mismos que se sustituirán en un primer momento.

El análisis de costos totales, por cultivo, más las inversiones necesarias, tanto de tecnología y consumo de energía y demás gastos propios del proceso industrial, nos muestra que producir etanol, a partir de la caña de azúcar de miel pobre, es la forma más barata de hacerlo, con 0.40 dólares por litro. Le siguen, del más barato al más caro: la caña, a través de jugo directo (0.43); el maíz vía seca (0.44); la caña miel rica (0.52); la caña jugo más hidrólisis (0.60); la remolacha (0.69); la yuca (0.79); y en el último lugar el sorgo (0.82). Ver los costos de producción de etanol, por cultivo, en México. (Cuadro II.14).

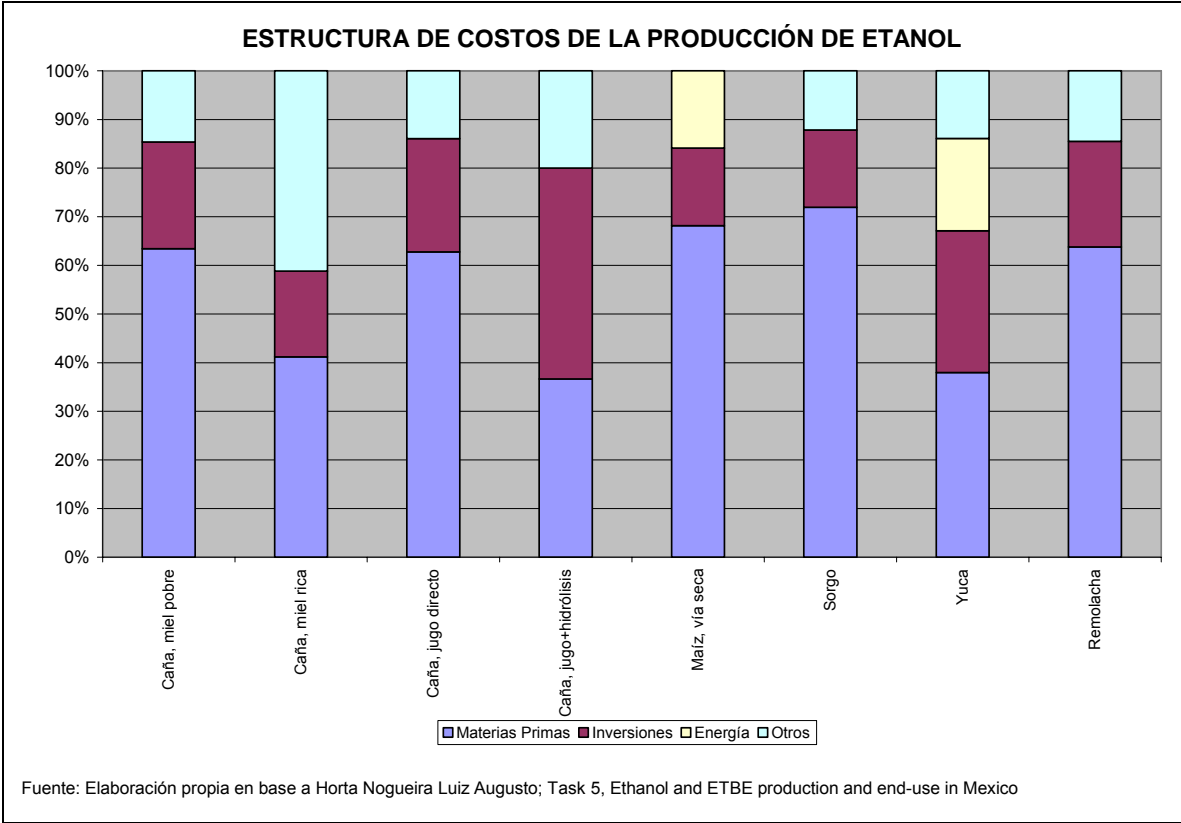
Cuadro II.14
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL, POR CULTIVO, EN MÉXICO

Concepto/cultivo	Caña, miel pobre		Caña, miel rica		Caña, jugo directo		Caña, jugo+hidrólisis		Maíz, vía seca		Sorgo		Yuca		Remolacha	
	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%
Materias Primas	0.26	65	0.21	40	0.27	63	0.22	37	0.30	68	0.59	72	0.30	38	0.44	64
Inversiones	0.09	23	0.09	17	0.10	23	0.26	43	0.07	16	0.13	16	0.23	29	0.15	22
Energía	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.07	16	0.00	0	0.15	19	0.00	0
Otros	0.06	15	0.21	40	0.06	14	0.12	20	0.00	0	0.10	12	0.11	14	0.10	14
Total	0.40	100	0.52	100	0.43	100	0.60	100	0.44	100	0.82	100	0.79	100	0.69	100

Fuente: Elaboración propia en base a Horta Nogueira Luiz Augusto; Task 5, Ethanol and ETBE production and end-use in México; 2006.

Se concluye que en la estructura de costos de la producción de etanol, el mayor peso lo tiene la materia prima, por lo que es fundamental determinar que tipo de materia se utilizará. Por ejemplo, la caña de azúcar miel pobre representa el 65% del costo total; la caña de azúcar miel rica el 40%; la caña jugo directo 63%; la caña jugo más hidrólisis 37%; maíz vía seca 68%; sorgo 72%; yuca 38%; y remolacha 64%. (Ver gráfica II.8).

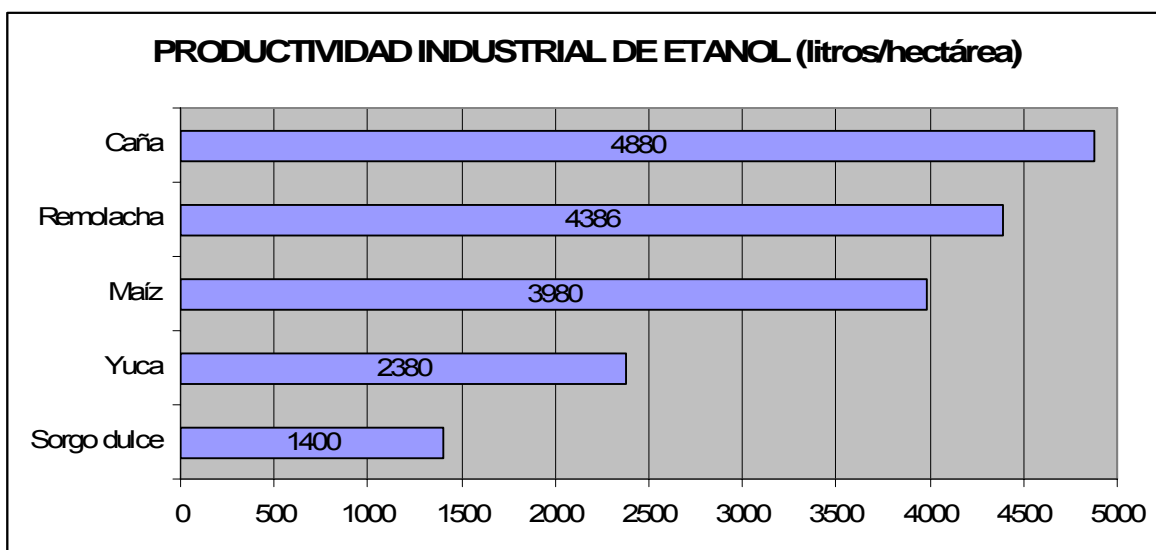
Gráfica II.8



Haciendo el análisis con las tecnologías convencionales y pensando solamente en caña de azúcar y maíz, dado que los otros cultivos (yuca, sorgo y remolacha) no son comúnmente manejados en México, los costos totales de producción del etanol se mueven en un rango de 40 a 60 centavos de dólar por litro.

Considerando la tecnología disponible a nivel mundial y las propiedades físico-químicas de los diferentes cultivos, los rendimientos industriales de etanol nos muestran que la caña de azúcar obtiene la mayor productividad, con 4 mil 880 litros por hectárea. Le siguen la remolacha, con 4 mil 386 litros; el maíz, con 3 mil 980; la yuca, con 2 mil 380; y el sorgo dulce, con mil 400 litros por hectárea (Ver gráfica II.9).

Gráfica II.9



Fuente: Opus cit

Por el lado de la demanda, y dado que el etanol no es contaminante y es un excelente oxigenante de las gasolinas, se recomienda sustituir los compuestos tradicionales, actualmente utilizados para tal fin, como son el MTBE y el TAME. Entonces sería una introducción gradual que, una vez satisfecha, se avanzaría a la mezcla directa con las gasolinas.

En ese sentido, la demanda total de etanol en México se pudiera estratificar en tres escenarios, tal como lo plantean las proyecciones de un estudio realizado por el BID y GTZ, por encargo de la SENER (Horta 2006). Ver cuadro II.15.

Escenarios 1: Sustitución de la producción nacional de MTBE (Metil Terbutil Éter) y TAME (Teramil Metil Éter) por ETBE (Etil Terbutil Éter) y TAEE (Teramil Etil Éter); manteniendo las importaciones de MTBE necesarias para satisfacer de la demanda de gasolinas oxigenadas en la zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey.

Escenarios 2: Sustitución total de los éteres derivados del petróleo por etanol a 5.7%, respetando las exigencias de oxigenación del 2% de peso, en 44% de las gasolinas consumidas a nivel nacional (consumo de las zonas metropolitanas).

Escenario 3: Mezclar etanol en 10% del volumen total de las gasolinas consumidas en el país, correspondiendo a un nivel de oxigenación del 3.5% en peso, porcentaje más utilizado en los países que utilizan etanol.

Bajo una serie de supuestos, entre los que destaca una tasa de crecimiento en el consumo de gasolina del 3%, una oxigenación de la misma del 2% en peso y tomando los valores para el 2005 (producción nacional e importado de oxigenantes, proporciones de MTBE (11%) y ETBE (12.5%) en las gasolinas, el estudio determinó la demanda potencial de etanol para cada uno de los escenarios descritos, para el año 2010.

Cuadro II.15
DEMANDA DE ETANOL EN MÉXICO PARA EL 2010

Escenario	Demanda de etanol para un crecimiento de la demanda de gasolina del 3.3% (miles de m3)	Ahorro de divisas por reducción de importaciones de gasolina y MTBE (miles de dólares)
1. Sustitución de la producción nacional de MTBE y TAME por ETBE y TAEE, utilizando la capacidad de producción instalada en las plantas de PEMEX Refinación.	411.9	185,355
2 Sustitución total de los éteres por etanol a 5.7% en 44% de las gasolinas (2% de oxigenación).	1,153.1	499,500
3 Mezclar 10% de etanol en el total de las gasolinas consumidas en el país (3.5% de oxigenación).	4,582.4	1,982,835

En lo que respecta al precio, es sumamente complicado determinar un precio interno sin la referencia internacional, además de una serie de elementos estructurales internos que tienen que ver con las características de un mercado concentrado y monopólico, como es el de los energéticos.

Inicialmente, todo el etanol que se produzca será enviado al mercado internacional, principalmente E.U., o será vendido a PEMEX, para que éste lo utilice como oxigenante en las gasolinas que distribuye a las estaciones de servicio de venta al público.

El precio interno del etanol tiene que ser un precio de indiferencia que necesariamente tenga que ver con el precio internacional y que, a partir de ahí, se

determine el tipo y monto del apoyo. En este aspecto, las autoridades competentes tendrán que intervenir procurando la menor distorsión en el mercado y velando siempre por los intereses nacionales y no particulares.

La evidencia estadística indica que el precio internacional del etanol, prácticamente, ha llegado a su techo y que, a partir del 2010, tenderá a bajar en función del aumento de la oferta, la relativa estabilización del precio del petróleo y la producción de otras energías alternativas, como el hidrógeno, entre otros. (Ver cuadro II.16).

Cuadro II.16
PRECIOS INTERNACIONALES DEL ETANOL, 2002-2018
(Dólares/hl)

Año	Precio
2002/03-2006/07	31.4
2007/08	42.0
2008/09	53.0
2009/10	55.6
2010/11	54.0
2011/12	53.7
2012/13	53.6
2013/14	52.9
2014/15	52.8
2015/16	52.7
2016/17	52.0
2017/18	51.3

Notas: Un hectolitro (hl) equivale a 100 litros, a 26.42 galones ó 0.63 barriles; para 2002/03-2006/07 es un promedio; para 2007/08 es estimado; Se toma como precio internacional el de Brasil (Sao Paulo), Exdestilería.

Fuente: OECD-FAO; Agricultural Outlook 2008-20017

Otra de las cosas que hemos encontrado es que, en México, aunque recientemente, pero ha ido construyendo un marco legal e institucional sobre el etanol. Existe una Ley de Desarrollo Rural Sustentable, aprobada el 7 de diciembre de 2001; una Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar,

aprobada el 22 de agosto de 2005; un Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, aprobada el primero de febrero de 2008, a partir de las cuales se deriva una serie de programas, comisiones, reglamentos y normas, entre las que se encuentra la Comisión de Bioenergéticos, el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológicos, el Programa de Introducción de Bioenergéticos, y la NOM 086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005.

La meta de los dos últimos programa es producir 3 mil 400 barriles diarios de etanol para el año 2010, mismos que se consumirán en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se considera que la demanda de gasolinas en esta zona será de 55 mil 200 barriles diarios, por lo que se necesitarán 3 mil 400 barriles diarios de etanol (200 millones de litros al año), para oxigenarlas al 2% en peso.²⁸

Se estima que se requieren 3 millones de toneladas de biomasa, misma que puede ser de caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha o una combinación de todas ellas. El Programa de Introducción de Bioenergéticos, contempla que el Estado de Jalisco, con sus 65 mil hectáreas de caña de azúcar, 43 mil de sorgo dulce y 52 mil de remolacha, que tiene sembradas, cuenta con el potencial productivo para abastecerlas. Se planea utilizar los ingenios de Tamazula, Bellavista, Ameca, José María Morelos, Tala y Melchor Ocampo, para procesar la biomasa y obtener el etanol.

Una meta específica que contemplan los programas oficiales, es realizar una prueba piloto. Esta prueba piloto en México, está planeada realizarse en el último

²⁸ La NOM 086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, señala que las gasolinas deben contener un máximo de oxigenantes de 2.7% (DOF, 30 de enero de 2006).

trimestre de 2008, dado que se requieren datos más precisos sobre los efectos de la producción de etanol sobre los insumos, la transformación, el uso de tecnologías, las adaptaciones en las Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) de PEMEX, las instalaciones de Paquetes de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro (PADE), los sistemas de control de fugas, los controles de calidad, la obtención de balances netos ambientales, entre otros tantos aspectos a revisar, antes de producir, mezclar y vender gasolina con etanol.

La prueba piloto está diseñada para introducir etanol anhidro en dos estaciones de servicio, durante un período de 42 días en un lote de 16 mil barriles de gasolina base magna.

Otra conclusión que se obtiene del análisis de toda la infraestructura institucional, es que el gobierno no contempla la producción de etanol a partir del maíz.

La estrategia gubernamental plantea el etanol a partir de la caña de azúcar, el sorgo dulce y la remolacha; y el biodiesel, a partir de jatropha, palma de aceite e higuera.

Lo anterior se debe, en primer lugar, a que somos deficitarios en la producción de maíz y, a que la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, en su artículo 11, fracción VIII, lo prohíbe cuando eso sucede²⁹; y segundo, por que los análisis realizados sobre la materia, hasta la fecha, revelen una viabilidad menor para el maíz, en comparación con la caña de azúcar y la remolacha.

²⁹ En el artículo 11, fracción VIII, de esta ley faculta a la SAGARPA para “otorgar permisos previos para la producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz, en sus diversas modalidades, mismos que se otorgarán solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional”.

México, potencialmente, puede desarrollar múltiples cultivos energéticos, no alimenticios, a partir de los cuales sería posible producir biocombustibles líquidos, sólo que algunos tendrían mayores ventajas que otros, dependiendo de los resultados de las evaluaciones de carácter tecnológico, ambiental, económico y social. Desarrollar estos nuevos cultivos energéticos e inventar/adaptar tecnologías comercialmente rentables para transformar esa biomasa, es un aspecto en el que se tendrá que avanzar en México.

Debemos de producir etanol con tecnologías de segunda y tercera generación, a partir de cultivos energéticos no alimenticios y desechos vegetales y animales (biomasa lignocelulósica), sólo que el tiempo y los recursos no están a nuestro favor.

III. ENERGÍA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO

III.1 LA ENERGÍA COMO INSUMO PRODUCTIVO

Los factores de producción, definidos por los clásicos, son tres: tierra, trabajo y capital. Por el tipo de investigación que estamos realizando, nos concentraremos en el primer factor, que implica no sólo la superficie física necesaria para producir un bien o servicio, sino todos los recursos naturales, como ríos, mares, bosques, clima, viento, sol, medio ambiente y, en general, cualquier recurso que provea la naturaleza y que se ubique en el espacio, suelo o subsuelo.

Es difícil pensar que algo se puede producir sin necesitar, en mayor o en menor medida, algo de recursos naturales, por lo que podemos decir que el hombre tiene que “meter la mano” en la madre naturaleza, para producir sus satisfactores. Como los recursos que nos brinda la naturaleza son agotables en el tiempo y en el espacio, aunque sean renovables, tienen un límite en el corto plazo, surge la **idea de la conservación**. Además, la humanidad ha ido madurando y preocupándose un poco más por el futuro del planeta y sus habitantes, ya que no deja de tener algo de incierto. En este sentido, estudiar los recursos naturales, su reproducción, suficiencia, agotamiento, destrucción y contaminación es algo que la sociedad en su conjunto está haciendo cada vez con mayor aplomo. Por ello, la economía y otras ciencias sociales, lo menos que pueden hacer es proyectar al futuro el aprovechamiento racional y sustentable de esos recursos.

“De acuerdo con la teoría funcional, el recurso no se caracteriza, únicamente, por su simple presencia y cantidad física, sino por su utilidad real para el hombre, en

relación con la satisfacción de sus necesidades inmediatas o mediatas, en consecuencia, es un concepto relativo y altamente dinámico”.³⁰

La energía es un recurso fundamental que se requiere para la transformación de otros recursos y para la vida misma. Sin energía es muy difícil transformar lo que consume la sociedad y generar los miles de satisfactores que necesita. La energía, en general, es un insumo común para la sobrevivencia, y la energía fósil, en particular, se ha convertido en un insumo productivo, a primera vista, insustituible.

Para Roble (2000), el recurso energía es algo fundamental para la industrialización de las naciones. Señala las caídas de agua, el carbón, el petróleo, el gas y el viento, en casos especiales, como recursos que se han constituido en fuentes principales de la industrialización de varias regiones del mundo. Este autor señala una “jerarquización racional” del uso de los recursos energéticos, basado en el principio recomendado por Estados Unidos sobre el uso, primero de los recursos no agotables, para posteriormente avanzar en los no renovables. Esta visión de la industrialización parte de la idea de una explotación racional de los recursos energéticos, que estén en función de su agotamiento. Pero lo importante de este enfoque es que reconoce a la energía como un insumo productivo indispensable, para el desarrollo de una nación.

³⁰ Robles Gonzalo; “La industrialización de México y la conservación de sus recursos”; revista Comercio Exterior; Vol. 50, agosto de 2000; Bancomext.

III.1.1 MODELO Y TEORIAS ECONÓMICAS

Una de las teorías económicas más sólidas que consideran a la energía como un insumo productivo que determina, en parte, el crecimiento, es la del reconocido investigador Angus Maddison, de la Universidad de Groningen, Holanda. El profesor emérito explica que los factores principales, que determinan el crecimiento o que lo restringen, son: 1) recursos naturales; 2) oferta de mano de obra; 3) acervo de capital y progreso técnico; y 4) cambios en la eficiencia, para asignar recursos por medio de las economías de escala y de la especialización.³¹

En un análisis de muy largo plazo, que realiza sobre el crecimiento económico de 16 países³², principalmente desarrollados, clasifica seis épocas del desarrollo del mundo. Identifica los factores de producción en cada una de las épocas.

Define la época **pre-agraria**, ubicándola hasta el año 500 D.C., donde las actividades económicas fundamentales fueron la caza, la pesca y la recolección; en esta época, los factores de producción fueron los recursos naturales (N) y el trabajo bruto no calificado (L).

La segunda época es el **agrarismo**, que va del año 500 al 1500, largo período en el cual los factores de producción fueron los recursos naturales apropiados y conservados (N'), fuerza de trabajo con mínima destreza (L'), y acervo moderado de capital de trabajo (K).

³¹ Maddison Angus; Las Fases del Desarrollo Capitalista: una historia económica cuantitativa; COLMEX-FCE; 1986; p. 65

³² Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Italia, Japón, Noruega, Países Bajos, Reino Unido, Suecia y Suiza.

Posteriormente, Maddison señala que existió una época de **imperialismo moderado**, donde, a diferencia con la anterior, dentro de la fuerza de trabajo, coexistía una elite burocrática-militar eficiente, y un mayor capital en caminos y servicios públicos, más algunos despojos en las zonas colonizadas.

Después existió un **agrarismo progresivo**, que se ubica del año 1500 a 1700 donde además de los recursos naturales apropiados y conservados (N'), y de una fuerza de trabajo con un mínimo de adiestramiento, había una expansión gradual del capital fijo per cápita.

Del año 1700 a 1820 se clasifica como época de **capitalismo mercantil**, donde, además del tipo de factores de la época anterior, el capital se intensifica (K'') y existen economías de escala en los tres factores de producción, más un despojo aumentado y remplazado, en parte, por un comercio monopolista.

De 1820 a la fecha se denomina como la época propiamente **capitalista**, donde los recursos naturales han sido desarrollados y aumentados (N''), la fuerza de trabajo tiene educación formal y adiestramiento; el capital de trabajo es un factor acrecentado y complementado con un alto acervo de capital fijo, existiendo economías de escala en los tres factores de producción, dado el progreso técnico y la especialización, más un despojo residual o negativo.

En todas las épocas de la historia económica identificadas, están presentes los recursos naturales (N) como un factor determinante de la producción, sólo que, al inicio, estaban en estado comunal. Posteriormente, ya en el agrarismo, fueron recursos naturales apropiados y conservados (N'), en el capitalismo, a partir de 1820, fueron recursos naturales desarrollados y aumentados (N''). (ver cuadro III.1).

Cuadro III.1
**DETERMINANTES DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN EN 6 ÉPOCAS
ECONÓMICAS**

Épocas	Producción en función de
1) Pre-Agraria (hasta el año 500 D.C.)	(N,L)
2) Agrarismo (500-1500)	(N',L', K)
3) Imperialismo antiguo (500-1500)	(N',L'', K*) + P
Vuelta al agrarismo	(N',L', K)
4) Agrarismo progresivo (1500-1700)	(N',L', K')
5) Capitalismo mercantil (1700-1820)	(N',L'', K'') ^S + P'
6) Capitalismo (1820-1980)	(N'', L''', K''') ^S + P''
N	= recursos naturales.
N'	= recursos naturales apropiados y conservados.
N''	= recursos naturales desarrollados y aumentados.
L	= trabajo bruto, no calificado.
L'	= fuerza de trabajo con mínima destreza; élite orientada defensivamente, con poca probabilidad de generar o absorber nueva tecnología.
L''	= trabajadores ordinarios con mínima destreza, más una élite burocrático – militar eficiente.
L'''	= fuerza de trabajo dotado de educación formal y adiestramiento en el empleo, más una élite burocrático- militar eficiente.
K	= acervo moderado de capital de trabajo, inversión suficiente para encargarse de la sustitución y la ampliación (provisión de acervo para trabajadores adicionales).
K*	= igual que k, pero con mayor inversión en caminos y servicios públicos urbanos.
K'	= igual que k, con expansión muy gradual de capital fijo per cápita (intensificación).
K''	= igual que k, pero la intensificación de capital es más importante.
K'''	= acervo moderado de capital de trabajo, complementado por un acervo mucho más grande de capital fijo. La inversión en todos los tipos de capital (sustitución, ampliación e intensificación) es un medio principal de transmisión del progreso técnico. Progreso técnico tangible y percibido por comparación con K'y K'', en donde estaba presente, pero imperceptible.
S	= economías de escala y especialización.
P	= despojo (levas no compensadas de productos y trabajadores en áreas colonizadas).
P'	= despojo aumentado o remplazado por comercio monopolista.
P''	= despojo residual o negativo

Fuente: Maddison Angus (1986); Las Fases del Desarrollo Capitalista: una historia económica cuantitativa; COLMEX-FCE; cuadro 1.1 y 1.2.

De esta manera, los recursos naturales siempre han sido un factor productivo en mayor o menor medida, y han estado en la base del crecimiento económico de las naciones. La energía, como un elemento natural, ha sido también un factor de desarrollo que, a partir de la revolución industrial, su ingerencia fue más notoria y preponderante para la transformación de la vida en el planeta. Así, al descubrir el

petróleo, como un elemento natural del cual se puede extraer energía a bajo costo y de fácil uso, se convirtió en el “oro negro” de la vida moderna, influyendo de manera determinante en el crecimiento y desarrollo de las regiones.

Si bien es cierto que los recursos naturales han estado presentes en todas las etapas del crecimiento económico, también hay que decir que al riesgo de que se conviertan en una limitante real, se le ha sacado la vuelta a lo largo de la historia. Siempre se han encontrado sustitutos y sucedáneos que, mal o bien, han permitido que el crecimiento continué, sin que el abasto de alimentos trastoque seriamente la vida en el planeta.

Maddison (1986) hace una exhausta revisión de las predicciones de los diferentes autores, sobre el papel restrictivo de los recursos naturales en el crecimiento económico.

Pasa por las teorías de Thomas Malthus (1766-1834), quien creía que los recursos naturales, en un determinado momento, no alcanzarían; Emmanuel Le Roy Ladurie, de la escuela francesa, quién sostuvo la tesis del “ingreso estancado” para el período 1500-1700, considerando que el tope real del crecimiento del ingreso per cápita era la tecnología estancada, antes que la escasez de la tierra; Wilhelm Abel, de la escuela alemana, que vaticinó que, dada la escasez de los recursos naturales, el nivel de vida real, tanto de Alemania como de Inglaterra, bajaría desde la primera mitad del siglo XIV hasta la primera mitad del siglo XVIII; Adam Smith (1723-1790), quién fue el creador de la “mano invisible del hombre”, dándole una importancia a los recursos naturales y la especialización de factores determinantes del crecimiento; David Ricardo (1772-1823), quien desarrolló la teoría de la renta de la tierra y secundó el pesimismo de Malthus sobre la presión

que ejerce la población en los recursos naturales; Carlos Marx (1818-1883), quien desechó todas las teorías anteriores y se concentró en la importancia de la acumulación ampliada del capital y la explotación de la fuerza de trabajo como factor principal del crecimiento económico; y J. A. Schumpeter (1883-1950), quien centró su atención en el papel del progreso técnico y del empresario, como factores preponderantes del crecimiento económico, desestimando las teorías de Malthus, de Ricardo y de Marx.

Después de este recuento, Angus Maddison termina reconociendo que los vaticinios de los diferentes pensadores, en cuanto al agotamiento de los recursos naturales, no se han cumplido, por lo que plantea su escepticismo sobre el papel restrictivo de los límites fijos de los recursos naturales, sobre el crecimiento económico en el largo plazo.

Señala que, por lo general, se descubren “nuevos recursos naturales cuando los precios suben y el progreso tecnológico ha tenido bastante éxito, en cuanto a encontrar sustitutos para recursos naturales escasos. En algunos casos importantes, los recursos recién descubiertos han sido más ricos que los descubiertos antes. Los precios crecientes frenan el consumo e inducen un cambio hacia los productos sucedáneos.”³³

Lo anterior es muy claro en el largo plazo, pero no hay que olvidar que en el corto plazo ese proceso de “agotamiento-descubrimiento” representa cambios en las estructuras productivas de las naciones, y pone en riesgo la soberanía alimentaria y energética, sobre todo, en los tiempos globales que estamos viviendo, donde la

³³ Maddison Angus, *Las Fases del Desarrollo Capitalista: una historia económica cuantitativa*; COLMEX-FCE; 1986; P. 66

determinación de los precios de los commodities en los mercados internacionales se traslada, rápidamente, a las economías subdesarrolladas, influyendo preponderantemente en el alza de los precios nacionales de los alimentos.

En un estudio más reciente (2003), Maddison analiza el cambio tecnológico y el papel de la energía en el crecimiento de los países occidentales, llegando a conclusiones muy interesantes, que aplican también para el resto de naciones del mundo.

En una serie de tiempo de muy largo plazo, mide el crecimiento del ingreso per cápita y la población de todo el mundo, a partir del año cero de nuestra era, hasta el año de 1998. (Ver cuadro III.2)

Cuadro III.2						
INGRESO PERCÁPITA Y POBLACION MUNDIAL, 0-1998						
Ingreso per cápita (dólares, 1990)				Población (millones)		
Año	Mundo	Europa Occidental*	Resto del mundo	Mundo	Europa Occidental*	Resto del mundo
0	444	443	444	230.8	28.9	202.0
1000	435	405	440	268.3	34.0	233.4
1500	565	704	535	437.8	75.0	362.3
1820	667	1,130	573	1,041.1	175.1	866.0
1870	867	1,894	592	1,270.0	268.1	1,001.9
1913	1,510	3,687	835	1,791.0	424.1	1,366.9
1950	2,114	5,663	1,091	2,524.5	564.7	1,959.8
1973	4,104	13,141	2,073	3,913.5	718.0	3,195.5
1998	5,709	21,470	3,102	5,907.7	838.3	5,069.4

* Además de los países de Europa Occidental, se incluye Estados Unidos, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y Japón.

Fuente: Maddison Angus; "Growth Accounts, Technological Change, and the Role of Energy in Western Growth"; en Economía y Energía, secc. XIII-XVIII, Instituto Internazionale di Storia Economica "F. Datini" Prato; Le Monnier, Florence, Italia; April 2003.

Lo que se deduce de esta información es que el ingreso per cápita de los países de Europa Occidental³⁴, en 20 siglos, se ha multiplicado por 48 veces, mientras que el ingreso del resto de la población sólo se ha multiplicado por 7 veces. En el año cero, el ingreso per cápita era prácticamente el mismo para todos los países, y así prosiguió por lo menos los primeros mil años de nuestra era, mostrando ya una pequeña diferencia para el siglo XV.

No fue sino hasta el siglo XIX (1820) cuando la brecha en el ingreso per cápita de las naciones occidentales y el resto del mundo empezó a hacerse más grande, fecha a partir de la cual se dieron los grandes avances tecnológicos en Europa y la misma revolución industrial, que vinieron a elevar considerablemente la productividad del trabajo y la especialización.

Pero ¿cuál fue la participación de la energía en este proceso de crecimiento?

Para Angus Maddison, la energía jugó un papel muy importante. Midiendo la oferta mundial de la energía primaria, para el período 1820-1998 (ver cuadro III.3), se observa que las fuentes modernas de energía (carbón, petróleo, gas natural, atómica e hidroenergía) tardaron en aparecer, pero cuando lo hicieron crecieron aceleradamente, dejando muy atrás a la energía que se produce a partir de la biomasa. Fue a partir de 1950, con la explotación masiva del petróleo, que la producción de energía se concentró en este recurso fósil.

Comparando las dos últimas fechas del cuadro III.3 (1973 vs. 1998), se concluye que fue a partir del embargo petrolero de la OPEP de los años 70's que la producción de energía a partir de la biomasa aceleró su crecimiento. Otra relación

³⁴ Se incluyen, además de los países de Europa Occidental, a Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda y Japón.

importante es cómo la oferta per cápita de energía primaria en el mundo ha venido creciendo, pasando de 0.21 toneladas, en 1820, a 1.61 toneladas, en 1998, una tendencia ascendente que se ha sostenido en el tiempo, pero que en los últimos 50 años registra una tasa de crecimiento cercana al 100%, lo que refleja la mayor participación de la energía en el crecimiento económico y en la vida moderna.

Para la mayoría de los países, el consumo per cápita de energía primaria aumentó considerablemente en el período de 1820 a 1998, multiplicándose por 3.3 veces en Estados Unidos, 6.4 veces en Reino Unido y 20.2 veces en Japón. (ver cuadro

Cuadro III.3 OFERTA MUNDIAL DE ENERGÍA PRIMARIA, 1820-1998 (Toneladas métricas de petróleo equivalente)					
Año	Fuentes modernas	Biomasa	Total	Población (millones)	Energía per cápita (toneladas)
	(millones de toneladas)				
1820	12.9	208.2	221.1	1,041.1	0.21

III.4).

1870	134.5	254.0	388.5	1,270.0	0.31
1913	735.2	358.2	1,093.4	1,791.0	0.61
1950	1,624.7	504.9	2,129.6	2,524.5	0.84
1973	5,368.8	673.8	6,042.6	3,913.5	1.54
1998	8,427.7	1,062.4	9,490.1	5,907.7	1.61

Fuente: Maddison Angus; "Growth Accounts, Technological Change, and the Role of Energy in Western Growth"; en Economía y Energía, secc. XIII-XVIII, Instituto Internazionale di Storia Economica "F. Datini" Prato, Le Monnier, Florence; Italia; April 2003.

Cuadro III.4
CONSUMO PERCÁPITA DE ENERGÍA PRIMARIA, 1820-1998
(Toneladas de petróleo equivalente)

Año	Estados Unidos	Reino Unido	Japón	China	India	Resto de Asia	África	América Latina	Antigua URSS
1820	2.49	0.61	0.20						
1870	2.45	2.21	0.20						
1913	4.47	3.24	0.42						
1950	5.68	3.14	0.54						
1973	8.19	3.93	2.98	0.48	0.33	0.45	0.56	0.90	3.48
1998	8.15	3.89	4.04	0.83	0.49	1.01	0.65	1.17	3.07

Fuente: Maddison Angus; "Growth Accounts, Technological Change, and the Role of Energy in Western Growth"; en *Economía y Energía*, secc. XIII-XVIII, Instituto Internazionale di Storia Economica "F. Datini" Prato, Le Monnier, Florence, Italia; April 2003.

En un estudio de caso sobre los países occidentales, tomando un período de más de 70 años del siglo XX, Angus Maddison detalla una metodología sobre los factores que determinan el crecimiento económico.³⁵ En una revisión exhaustiva del período 1913-1984, el autor indaga los determinantes del crecimiento para Alemania, Estados Unidos, Francia, Japón, Países Bajos³⁶ y Reino Unido, subdividiendo el período citado en tres fases: 1913-1950, 1950-1973 y 1973-1984. También investiga explicaciones al detenimiento del crecimiento económico a partir de 1973, señalando que éste fue un fenómeno "notablemente general, persistente y de vasta magnitud".

Tomando en cuenta las diversas metodologías utilizadas en estudios anteriores, realizados por otros científicos sociales, el autor busca esclarecer las causas del

³⁵ Maddison Angus; "Avances y Retrocesos en las Economías Capitalistas Evolucionadas. Técnicas de Evaluación Cuantitativa"; Comercio Exterior, vol. 38, núm. 6, Junio de 1988, Bancomext, PP. 460-492.

³⁶ Bélgica, Holanda y Luxemburgo, también llamado Benelux, por sus siglas (en inglés).

aceleramiento de las principales economías en la posguerra, y la desaceleración de las mismas a partir de 1973.³⁷

El modelo que Maddison va construyendo, a lo largo de su ensayo, se convierte finalmente en un **índice pleno para medir el crecimiento económico (¥⁵)**, el cual también podría llamarse “**residual**, es decir, el residuo de las influencias no cuantificadas que incluyen el progreso técnico desincorporado, y los errores estadísticos y de otro tipo”.³⁸

La configuración del modelo para calcular el crecimiento se hace a partir de las siguientes ecuaciones y variables:

$$¥^1 = \tilde{O} - \acute{L} \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$¥^2 = \tilde{O} - \acute{K} \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$¥^3 = \tilde{O} - a\acute{L} - (1-a)\acute{K} \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$¥^4 = \tilde{O} - a\acute{L}^* - (1-a)\acute{K}^* \quad \text{-----} \quad (4)$$

$$¥^5 = \tilde{O} - a\acute{L}^* - (1-a)\acute{K}^* - \hat{S} \quad \text{-----} \quad (5)$$

Donde:

¥¹ = índice de productividad del trabajo

¥² = índice de productividad del capital

¥³ = índice de productividad conjunta de los factores (trabajo y capital)

¥⁴ = índice de productividad conjunta de los factores aumentados

³⁷ El autor para elaborar este ensayo examinó 15 estudios sobre el crecimiento, desde los autores precursores como Edgard F. Denison y William Cheng, hasta Laurits R. Christensen, Dianne Cummings, Dale Jorgenson, John W. Kendrick, John F. Helliwell, Meter H. Sturm y Gerard Salou.

³⁸ Opus cit.

Υ^5 = índice pleno para medir el crecimiento económico

\tilde{O} = tasa compuesta de aumento de la producción

\acute{L} = tasa de aumento del trabajo

$a\acute{L}$ = ponderación de la contribución del trabajo

$a\acute{L}^*$ = ponderación de la contribución del trabajo aumentado

\acute{K} = tasa de aumento de capital

$(1 - a)\acute{K}$ = ponderación de la contribución del capital

$(1 - a)\acute{K}^*$ = ponderación de la contribución del capital aumentado

\hat{S} = contribución de diversos elementos complementarios

Son nueve los diversos elementos complementarios (\hat{S}) que se incluyen en el modelo:

1. Cambios en la estructura económica.
2. El proceso de convergencia de los países seguidores con respecto al líder (Estados Unidos).
3. Efectos del comercio exterior.
4. Economías de escala en el ámbito nacional.
5. La explosión de los precios de los energéticos en el período 1973-1984 y el ahorro de energía inducido.
6. Efectos provenientes del descubrimiento de recursos naturales.
7. Costos de la inversión gubernamental y de los delitos.
8. Atesoramiento y desatesoramiento del trabajo.
9. Efectos provenientes de la utilización de la capacidad.

Para este modelo, los primeros 4 elementos son sistemáticos, los siguientes 3 son específicos y los últimos 2 son coyunturales. El punto 5 y 6 son los elementos más cercanos a lo que pudiéramos considerar los factores naturales en la función de producción, ya que el autor excluye del ensayo el papel de la tierra y las existencias por falta de datos. No obstante, deja asentado que la energía es un elemento que contribuye, específicamente, al crecimiento económico y que, por lo tanto, en las estimaciones del crecimiento debe reflejarse esa influencia.

El efecto de la energía en el “Modelo Maddison” es comprobado a través de un supuesto hipotético, que traslada la relación energía-PIB de la época de crecimiento acelerado a la época de bajo crecimiento. Toma esa relación de “energía-crecimiento” del período 1950-1973 y la traslada al período 1973-1984, observando cómo hubiera sido el crecimiento de la economía si el comportamiento de la energía hubiera sido el mismo. Con ello concluye, empíricamente, que la sustitución energética determinó en parte el bajo crecimiento, mostrando cifras donde el crecimiento de los seis países, analizados en el período 1973-1984, estuvo por abajo del potencial, en un rango de 0.05 a 0.31% anual. En otras palabras, el PIB de estas economías dejó de crecer en esa cantidad, dada una sustitución energética, que fue provocada por un aumento de los precios internacionales del petróleo, a partir de los choques externos de 1973.

III.2 CONCLUSIONES

Para todos los países, la energía representa un sector económico clave. En los tiempos modernos, contar con energía es, prácticamente, tener un insumo indispensable para continuar, no sólo con el crecimiento económico, sino con la vida misma.

La energía, y concretamente el petróleo, ha estado en la base de guerras y disputas internacionales. Desarrollar un sector energético y contar con suficientes reservas, se ha convertido en una prioridad nacional, ya que son y seguirán siendo un insumo indispensable, para el crecimiento económico y desarrollo social de las naciones.

Las diferentes teorías y modelos económicos aquí revisados, validan la importancia de la energía en el crecimiento. Desde las ideas de conservación y explotación de los recursos naturales (Robles, 2000), hasta los estudios de caso detalladamente elaborados por Maddison (1988, 2003), para las diferentes economías desarrolladas, todas enfatizan la influencia determinante de la energía en el crecimiento.

Recientemente, existe una preocupación mundial sobre las consecuencias negativas que está generando el uso de energía fósil. Se argumenta un calentamiento global que ha venido provocando consecuencias catastróficas sobre el planeta. Esta preocupación se ha conjuntado con un agotamiento de las reservas probadas de petróleo en el mundo, lo que ha incrementado el precio y el grado de incertidumbre en las diferentes regiones y continentes.

En ese contexto, han resurgido las acciones encaminadas a investigar y producir energías alternativas, que vengan a suplir el uso del recurso escaso (petróleo). La producción de algunos tipos de energía, que antes no eran viables económicamente, por el bajo nivel de precios del petróleo, empezaron a serlo cuando éste aumentó.

De esta manera salta al escenario mundial la alternativa de producción de biocombustibles líquidos, que es motivo de esta investigación. Hay que aclarar que, independientemente de la conveniencia de su producción, habría que revisar que no se genere otro problema peor al que se quiere solucionar. Ante una argumentación de priorizar la alimentación humana, pocos argumentos pueden ser válidos.

Los hechos recientes muestran cómo la producción de biocombustibles líquidos, a partir de productos alimenticios han tergiversado los mercados agrícolas mundiales. En opinión de Brabeck-Letmathe, directivo del corporativo alimenticia Nestlé, habría que preguntarse si los biocombustibles solucionarán realmente nuestros problemas, ya que, según cálculos del Ministerio de Energía de Estados Unidos, se utilizan 10 mil litros de agua para producir cinco litros de etanol o dos de biodiesel. Califica, por lo tanto, a los biocombustibles como un absurdo económico, ecológicamente inútiles y éticamente indefendibles.³⁹

En la producción de biocombustibles líquidos, así como en otros sectores en general, es importante diferenciar la rentabilidad económica de una empresa y la

³⁹ Brabeck-Letmathe Peter; Biofuels are indefensible in our hungry world; The Wall Street Journal; June 13, 2008.

rentabilidad social para una nación. No necesariamente, lo que es conveniente para una compañía, es conveniente para el país.

El fin último de toda empresa es ganar dinero, después de todo su proceso de producción, lo que le importa a la compañía es tener un saldo neto positivo de capital. Si no sucediera así, la empresa tendría que terminar cerrando sus puertas.

Y esto no está mal, pero lo que intentamos decir es que, no necesariamente, los objetivos de lucro de la empresa coinciden siempre con los objetivos de un país.

Por ejemplo, en la producción de etanol, puede ser el caso que producir este biocombustible sea redituable para una empresa en particular y para una región específica, pero para el país en su conjunto, desde el punto de vista agregado, sea nocivo ya que provoque o profundice un déficit nacional en la oferta de maíz, caña de azúcar o sorgo, además del impacto en el resto de los bienes sustitutos y complementarios, y en general sobre la inflación de la economía.

Por lo tanto, al opinar acerca de la viabilidad de biocombustibles, habría que pensar también en términos macroeconómicos, y no sólo en términos empresariales.

A este respecto, en un excelente ensayo, el reconocido economista Paul Krugman señala que un país no es una corporación, dado que las “condiciones mentales que forman a un gran líder empresarial no son las mismas que forman a un analista económico... mucha gente cree que, si alguien ha acumulado una fortuna personal, tiene que saber cómo volver una nación más próspera. En realidad, su consejo es, con frecuencia, horriblemente desastroso”.⁴⁰

⁴⁰ Krugman Paul; A country is not a corporation; Harvard Business Review; January-February 1996; PP. 40-51.

Utilizando dos ejemplos (la relación exportaciones-empleos e inversión-balanza comercial), Krugman comprueba que la causalidad lógica de estas variables económicas, que pueden ser ciertas en lo individual, no lo son en lo general. Señala que los grandes líderes empresariales padecen el síndrome de “la enfermedad de los grandes hombres”, que consiste cuando un connotado investigador, de un área determinada, opina fuertemente sobre otros campos que no conoce.

El destacado profesor de economía de la Universidad de Stanford, Palo Alto, California, concluye que los negocios son sistemas abiertos, mientras que las economías, generalmente, son sistemas cerrados, aun en estos tiempos de globalización; y los hombres de negocios no están acostumbrados a pensar en sistemas cerrados.

Lo anterior, de alguna manera, sustenta que en la producción de biocombustibles líquidos, México debe de irse con cuidado. Dada la importancia e influencia de los energéticos en el crecimiento y desarrollo de una nación, producir biocombustibles líquidos, como etanol y biodiesel, no es una cosa únicamente de particulares o de empresarios, es una cuestión de importancia general que irradia al resto de la economía. Es una cuestión de interés nacional y no únicamente de interés particular.

IV. EVIDENCIAS EMPÍRICAS MUNDIALES

IV.1 GLOBALES

El incremento en la producción del etanol en el mundo es un hecho real. Las cifras de las diferentes fuentes así como lo confirman. Podríamos decir que la era del etanol ha llegado. Cada vez más países entran a la ola de la producción y uso del etanol, como una estrategia de adaptarse a las nuevas circunstancias del mercado de los energéticos y de prever una posible escasez de los combustibles fósiles.

La producción de etanol, a nivel mundial, se ha más que duplicado en el período del 2000 al 2007, llegando a representar la cantidad de 52 mil millones de litros, donde gran parte de ese crecimiento lo explican Estados Unidos y Brasil, ya que han registrado un crecimiento muy acelerado de este biocombustible.⁴¹

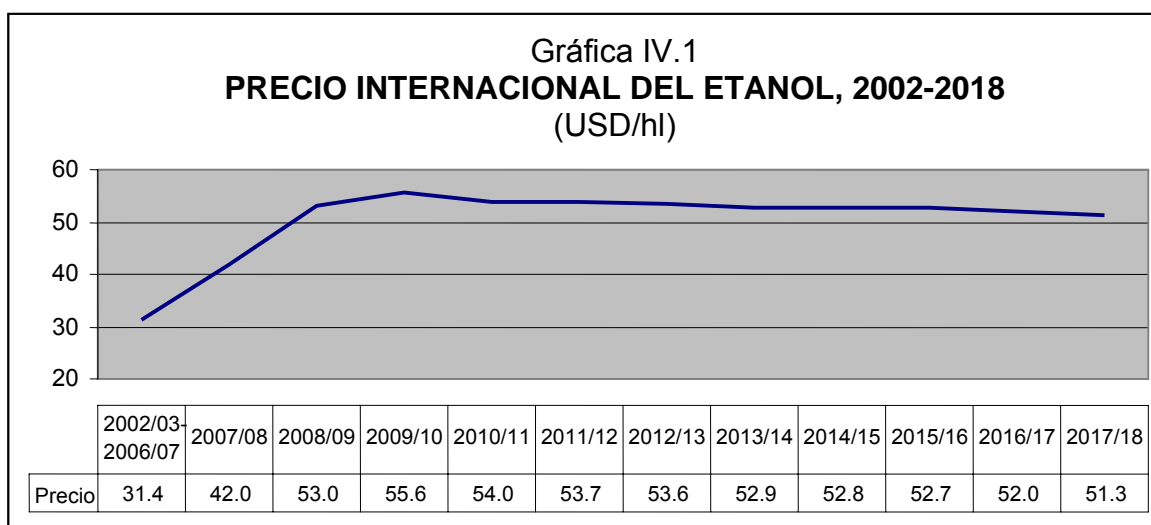
Otro hecho muy relevante, que viene a fortalecer el crecimiento en la producción de etanol, es el aumento de los precios internacionales del petróleo. Sólo de 2004 a 2007, éstos precios se duplicaron. Sin embargo, habría que aclarar que ese aumento no ha sido suficiente para mejorar sustancialmente la viabilidad económica de la producción de etanol, por lo que en la mayoría de los países se tiene que subsidiar la producción.

Lo anterior, se ha hecho más evidente, dado que, al mismo tiempo que surge un mayor interés por producir etanol, se elevan los precios de los insumos (maíz, caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha, entre otros), por lo que la supuesta ventaja ganada por el aumento de los precios del petróleo, se pierde por el aumento de los costos de las materias primas.

⁴¹ OECD-FAO, Agricultural Outlook 2008-2017; 2008, chapter 4.

Entonces, la brecha costo-beneficio en la producción de etanol, a pesar del aumento de los precios del petróleo, se mantiene igual o, en algunos casos, hasta ha disminuido, con lo que los subsidios, en lugar de desaparecer, sobre todo en los países donde se ha decidido introducir los biocombustibles, se han justificado, convirtiendo a la industria del etanol en una actividad dependiente de la ayuda pública. Ejemplos: Estados Unidos, Brasil, Unión Europea, Canadá, México, entre otros.

El precio final de etanol es otra variable clave en el análisis de la viabilidad económica de este biocombustible. Aunque en los años recientes a mostrado un incremento paulatino, el precio se estabilizará a partir del 2009 y, muy probablemente, disminuirá a partir del 2010. De un promedio de 31.4 dólares por hectolitro, para el período 2002/03-2006/07, aumentó a 42 dólares para el 2007/08, y se estima llegue a 55.6 dólares para el 2010, año a partir del cual iniciará un descenso gradual hasta 51.3 dólares en el 2017/18. (Ver gráfica IV.1).



Notas: Para el período 2002/03-2006/07 es un precio promedio; para el 2007/08 es un precio estimado; y para el resto son precios proyectados. Son precios de Sao Paulo, Brasil (ex-distillery).
Fuente: OECD and FAO Secretariats.

Por el lado de la producción de etanol, ya decíamos que existe una tendencia creciente a nivel mundial. La producción global observará una tasa promedio de crecimiento anual de 5.1% para el período 2008/17, destacando las tasas que registrará Tailandia (18.9%), Vietnam (13.9%), Australia (12.5%) y la Unión Europea (10.5%). En volumen, los aumentos más importantes en la producción de etanol estarán marcados por Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea. Se estima que la producción de Estados Unidos pasará de 38 mil 394 millones de litros a 52 mil 444 millones de litros; Brasil ascenderá de 22 mil 110 a 40 mil 511 millones de litros; y la Unión Europea avanzará de 4 mil 402 a 11 mil 883 millones de litros, todos para el período de 2008 al 2017. La producción de estas tres regiones representa más del 80% de la producción mundial de etanol. Desde luego que existen otros países, como México, que paulatinamente incrementarán la producción de etanol, pero su participación en el volumen global será marginal y, por lo tanto, las condiciones de estas economías, en materia de biocombustibles, serán de regiones tomadoras de precios, receptoras de tecnología y de baja participación en el comercio mundial del etanol.

Las estimaciones de producción mundial de etanol por país y su tasa de crecimiento anual, para el período 2008 al 2017, se presentan en el cuadro IV.1.

Cuadro IV.1 PRODUCCIÓN DE ETANOL Y TASA DE CRECIMIENTO, 2008-2017 (Millones de litros)				
País	2005-07 (Promedio)	2008	2017	Tasa de crecimiento (%) (2008-2017)
Estados Unidos	21,478	38,394	52,444	3.1
Brasil	17,396	22,110	40,511	6.4
Unión Europea	2,049	4,402	11,883	10.5
China	5,564	6,686	10,210	4.3
India	1,411	1,909	3,574	7.3
Canadá	762	1,383	2,730	5.1
Tailandia	285	408	1,790	18.9
Australia	63	156	1,004	12.5
Colombia	272	497	796	5.6
Sudáfrica	410	369	683	6.3
Vietnam	140	164	532	13.9
Indonesia	177	212	227	0.7
Filipinas	62	105	126	2.0
Malasia	63	70	84	2.2
Turquía	55	77	81	0.4
Etiopía	33	38	74	8.3
Tanzania	26	29	43	4.3
Perú	16	22	40	5.3
Mozambique	21	24	28	2.0
Total	50,284	77,054	126,860	5.1

Notas: en la Unión Europea se incluyen 27 países

Fuente: OECD-FAO, Agricultural Outlook 2008-2017; appendix, 2008.

Del cuadro IV.1 se deduce que los gigantes en la producción de etanol en el mundo, en el corto plazo, seguirán siendo Estados Unidos y Brasil. No obstante, la Unión Europea despegará en la siguiente década, seguido de China, India, Canadá, Tailandia y Australia. Habría que matizar este orden de países, ya que las estimaciones para la Unión Europea integran 27 naciones, por lo que la participación relativa de China, India y Canadá son mayores, representando un porcentaje más elevado, incluso, que varios países de la Unión Europea. En el caso

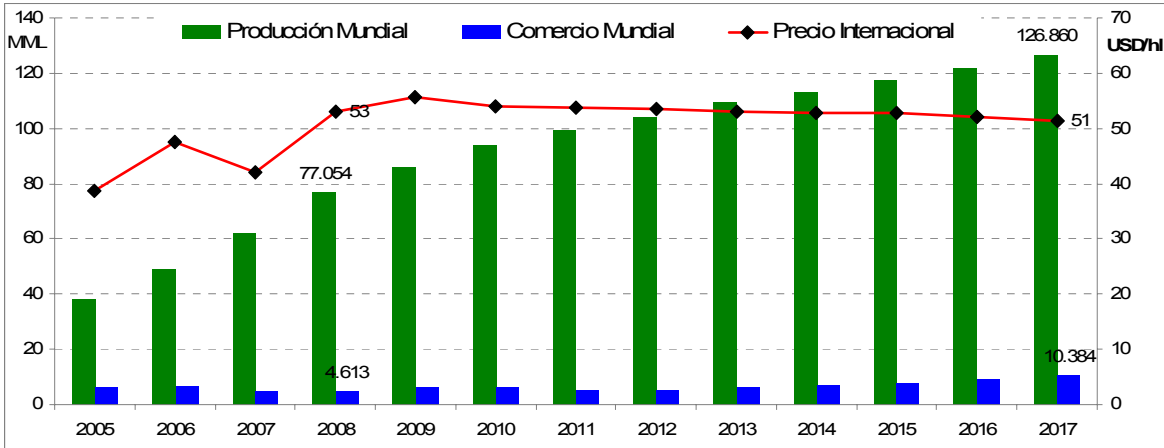
de China, para el año 2017, este país oriental ya estará produciendo una cantidad de etanol muy similar que todo Europa (10, 210 vs. 11, 883 millones de litros).

Obsérvese, también, cómo en sólo 10 años, la producción de Australia se multiplica por 6.5 veces, la de Tailandia por 4.4 veces, la de Canadá por 2 veces, y la de India por 1.9 veces. Entonces, son este grupo de 5 países (China, India, Canadá, Tailandia y Australia) quines se incorporarán seriamente en la producción mundial de etanol.

Por el lado latinoamericano, aparte de Brasil, solamente Colombia es el país que se estima inicie a “pintar” en la producción de etanol, ya que, a partir de 2005, inició fuertemente la producción y uso de etanol para biocombustible, generando una industria que se consolida rápidamente.

Una forma de analizar el comportamiento del mercado del etanol a nivel global, es conjuntar las variables de producción, precio y comercio mundial. La tendencia de estas tres variables principales se observan en la gráfica IV.2.

Gráfica IV.2
EL ETANOL EN EL MUNDO, 2005-2017



Notas: La producción y el comercio mundial está en miles de millones de litros; los precios están en dólares americanos por hectolitro (USD/hl).

Fuente: OECD-FAO; Agricultural Outlook 2008-2017; 2008, chapter 4

En la gráfica IV.2 se muestra cómo la producción mundial de etanol se incrementará en la próxima década, pasando de un volumen de 77 mil 54 millones de litros, en el 2008, a 126 mil 860 millones de litros en el 2017; un incremento acumulado de, aproximadamente, 50 mil millones de litros. La tasa promedio anual de crecimiento es de 5.1%. También, se observa un escenario donde el precio internacional del etanol, prácticamente, ha llegado a su tope, por lo que después del 2010 iniciará un periodo de disminución que lo hará descender a 51 dólares el hectólitro para el año 2017. Por su parte, el comercio mundial de etanol seguirá siendo relativamente bajo, aunque tenderá a aumentar a partir de 2010, llegando a representar 10 mil 384 millones de litros para el 2017, que significa el 8% de la producción mundial. El principal exportador será Brasil, y los principales importadores serán Estados Unidos y la Unión Europea.

IV.2 BRASIL

Cuando hablamos de etanol, necesariamente, nos tenemos que referir a Brasil. Este país sudamericano ha sido, durante décadas, la nación que ha desarrollado el etanol con una perspectiva de política de estado, desde una óptica de planeación integral. Eso le permitió desarrollar un sector estratégico en la economía. Desde los inicios, buscaron promover e instrumentar esfuerzos institucionales, tanto públicos como privados, para integrar todos los eslabones de la cadena productiva del etanol.

Hicieron las adecuaciones legales a su normatividad, apoyaron la producción de caña (insumo principal), la transformación de la misma, el desarrollo de infraestructura de almacenamiento, transporte, distribución y uso del etanol.

Además, se apoyó la creación de nuevos conocimientos sobre la cadena productiva del etanol, como la generación de nuevas variedades de caña, adaptación y desarrollo de nuevas tecnologías para la transformación (ingenios y destilerías), la creación de instituciones de investigación, envío de personas al extranjero para capacitación, invitar a consultores y expertos sobre la materia a Brasil, entre otras cosas.

Los antecedentes históricos legales de Brasil, sobre la producción de alcohol como fuente de energía, datan desde 1938, cuando se estableció como obligatorio la adición de alcohol anhidro a la gasolina⁴².

La caña de azúcar fue introducida a Brasil por los colonizadores portugueses y, posteriormente, se fue extendiendo por todo el país. Durante muchos años, las distintas variedades se fueron adaptando y se dio una transferencia paulatina de la tecnología, tanto para el cultivo como para la transformación.

Fue en los años 70's, período en que los precios del petróleo aumentaron considerablemente, debido al conflicto árabe-israelí, y el subsiguiente embargo petrolero por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), cuando Brasil decide utilizar de forma generalizada el alcohol, como sustituto de gasolina.

A raíz de la desventaja de ser un importador neto de petróleo, y ante un escenario mundial de precios elevados del crudo, Brasil decide desarrollar la cadena productiva del etanol. Ante esas circunstancias, crea un programa para la utilización de alcohol en la gasolina llamado Proalcohol, firma convenios con la Universidad de Sao Paulo, para desarrollar investigación sobre la genética de la

⁴² Ley 737-1938 declara obligatoria la adición de alcohol anhidro a la gasolina; 23 de septiembre de 1938.

caña y crea el Sistema Nacional de Innovación, a través del cual promueve, fuertemente, la importación y adaptación de nuevas tecnologías.

Hasta la década de los 80's, las variedades de caña de azúcar eran híbridos, que se fueron desarrollando por los propios ingenios, y la variedad más común era la NA 56-79, procedente del norte de Argentina.

En esa misma década (80's), Proalcohol instrumenta dos grandes acciones que, a la postre, generarían una gran ventaja competitiva de la caña. Crea Copersucar, un centro de investigaciones enfocado a estudiar la caña en los valles de Sao Paulo (variedades SP); y Planalsucar, otro centro de investigaciones dedicado a estudiar la caña del noreste de Brasil (variedades RB).

Estos dos centros de investigación intercambiaron información con todas las instituciones que estaban desarrollando el germoplasma de la caña, importándolo y desarrollando nuevas variedades. Fue el caso de "Hawian Sugar Cane Planters Associaton, BSES de Australia, Canal Point de Florida, involucrando a grupos de investigadores de Australia, Sudáfrica y Estados Unidos. Además, se enviaron personas a diferentes partes del mundo (Portugal, Francia, Estados Unidos, etc.) a prepararse e investigar más sobre la materia.

Producto de todo ese esfuerzo, en el 2001, Brasil fue el primer país en lograr descifrar el genoma de la caña de azúcar, lo que permitió toda una revolución en este cultivo. Ahora existen más 500 variedades, aunque en el 80% de la superficie

sembrada en Brasil, se cultivan sólo 20 variedades, reduciendo a casi nada la variedad más común de los años 80's (NA 56-79).⁴³

En la actualidad, Brasil es el principal productor de etanol a partir de la caña de azúcar. En el 2006, produjo el 42% de la producción total a nivel mundial.⁴⁴ En el primer eslabón de la cadena (agricultura), cuenta con 50 mil unidades cañeras; en el eslabón de la transformación, cuenta con más de 400 ingenios/destilerías; tiene, además, la red más grande de almacenamiento y transportación de etanol; existen 160 distribuidores mayoristas, que son los únicos que pueden mezclar el etanol con gasolina; cuentan con más de 32 mil gasolineras (estaciones de servicio), tiene una infraestructura para la exportación, que le permitió enviar al extranjero en el 2006, 900 millones de galones (3,348 millones de litros) a Estados Unidos, Japón, Suecia, Holanda, entre otros países. También, cuenta con 18 millones de automóviles flexi-fuel⁴⁵, de los cuales 15 millones consumen gasolina con el 25% de etanol y 3 millones consumen etanol puro.

Además, tiene una fuerte industria que ha desarrollado tecnología automotriz, para usar etanol como combustible, produciendo una amplia variedad de motores, automóviles y transportes, que pueden exportar al resto del mundo.

La sólo producción de etanol en Brasil genera más de un millón de empleos directos, más una cantidad mucho mayor de empleos indirectos, ya que es toda una cadena productiva que involucra varias ramas de la producción de la economía.

⁴³ Trindate S.; Factores Determinantes para el Desarrollo de Biocombustibles en Brasil y Estados Unidos y sus implicaciones para México; ponencia presentada en el seminario Retos para el Desarrollo de Biocombustibles en México; México D. F.; 14 de mayo de 2007.

⁴⁴ Banco Mundial (2008), Informe Sobre el Desarrollo Mundial 2008, P.57

⁴⁵ Vehículos adaptados para funcionar con etanol, gasolina o una mezcla, en cualquier porcentaje, de ambos productos.

El éxito en el cultivo de la caña de azúcar es el auge del etanol en Brasil. Sin el mejoramiento genético del cultivo y su correspondiente aumento de productividad por hectárea, el desarrollo competitivo de la industria del etanol no hubiera sido posible. A diferencia del maíz, la caña de azúcar, que es el 50%, aproximadamente, del costo total de los insumos, es más barata su producción.

Por otro lado, la caña es aprovechada al 100%. Por ejemplo, el tallo es en sí mismo 20% azúcar, y comienza a fermentarse, casi inmediatamente, en cuanto es cortada. La caña produce de 2 mil 200 a 3 mil litros de etanol por hectárea, más del doble que el maíz.

En Brasil, uno de los mayores ingenios azucareros y destilerías de etanol en el mundo, se ubica en el corazón del desierto Esmeralda. Cada año, produce siete millones de toneladas de caña, generando con ello 300 millones de litros de etanol vendidos, para ser utilizados en los autos brasileños, y 500 mil toneladas de azúcar, exportadas principalmente a Arabia Saudita. Los agricultores del desierto pueden obtener siete cosechas de sus campos, antes de volver a plantar, y las destilerías reciclan su agua residual como fertilizante. Para la calefacción y electricidad, queman bagazo de caña.⁴⁶

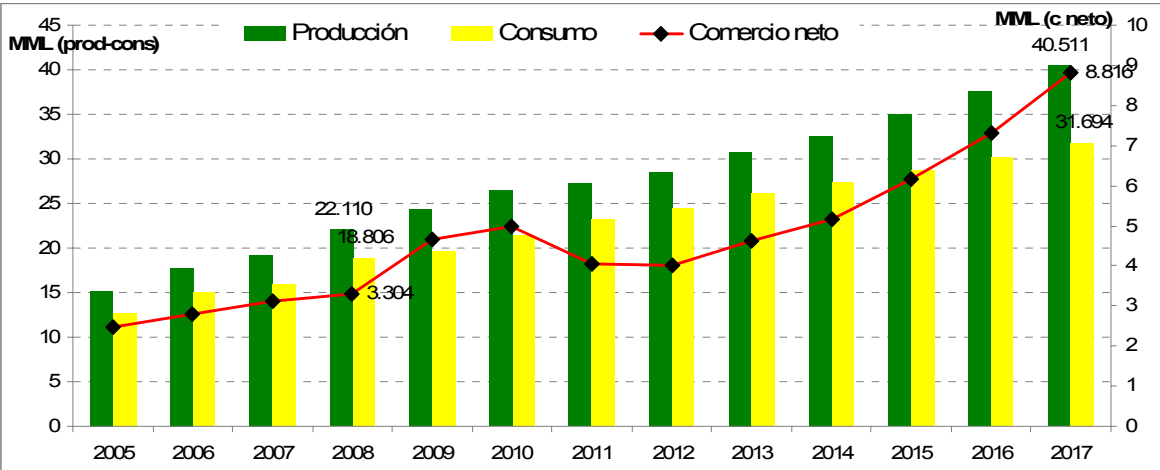
En el futuro, Brasil seguirá siendo, junto con Estados Unidos, el principal productor de etanol en el mundo. La tasa de crecimiento que observará para los próximos 10 años es de más del 6%. Su volumen de producción, para el año 2017, será de 40 mil 511 millones de litros, que representa más del 32% de la producción mundial.

⁴⁶ La nueva carrera espacial, 2007, revista Nacional Geographic, vol. 21, No. 4, P. 31.

Esa producción le permitirá ser, también, uno de los principales consumidores y exportadores de etanol. Se estima que el consumo nacional llegue, para el 2017, a 32 mil millones de litros, y las exportaciones a más de 8 mil 500 millones de litros, que representan el 85% de las exportaciones totales mundiales, con lo que Brasil se consolidará como el país que más etanol comercializa, tanto local como internacionalmente.

La caña de azúcar seguirá siendo el insumo principal para Brasil, y el más barato a nivel mundial. Al interior de Brasil, el precio del etanol seguirá siendo más barato que la gasolina, y más de la mitad de la flota vehicular lo usará completamente (E85), ya que el 67% del total de vehículos serán flexi-fuel. (Ver gráfica IV.3).

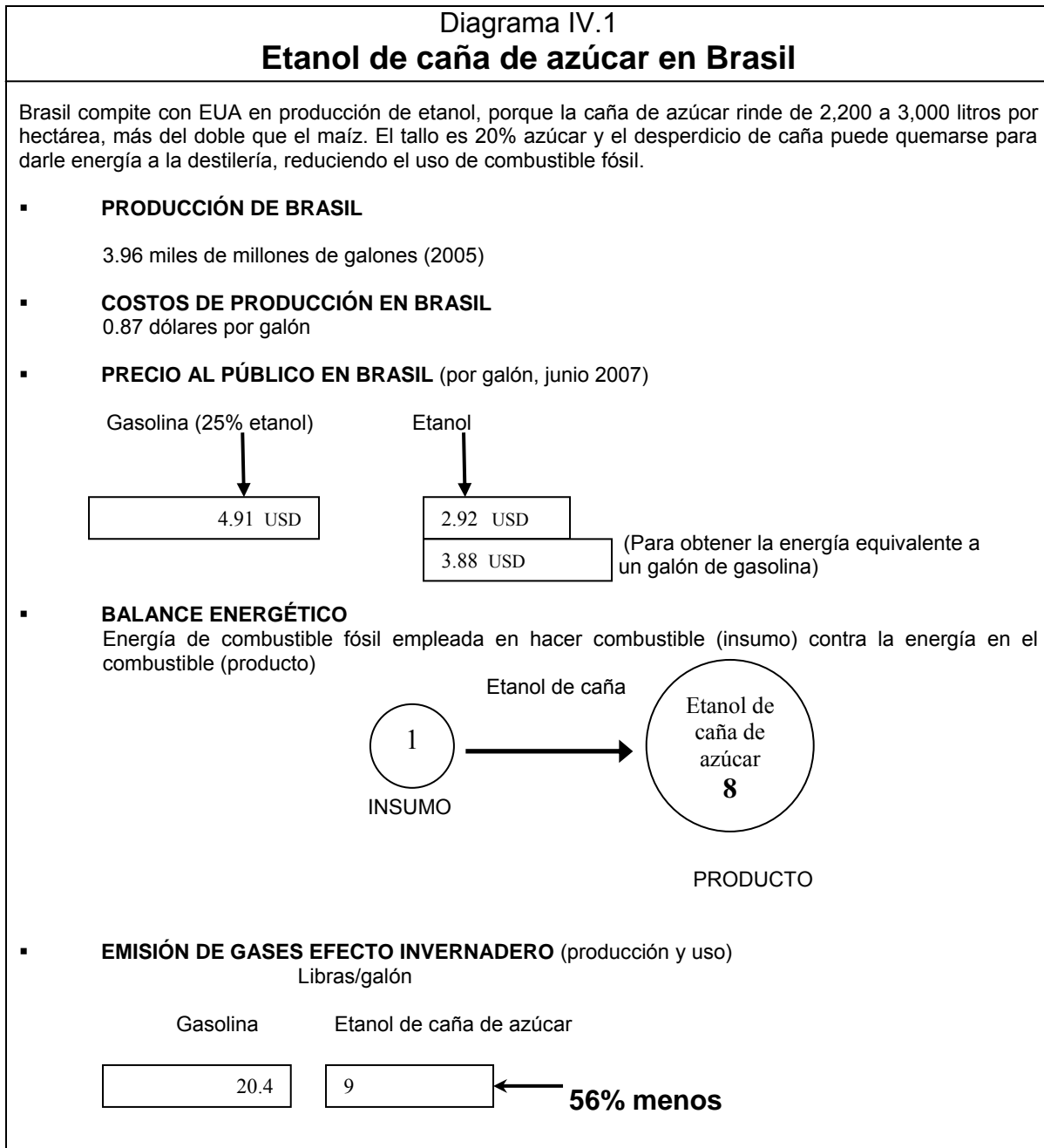
Gráfica IV.3
EL ETANOL EN BRASIL, 2005-2017



Notas: Los datos están en miles de millones de litros.
 Fuente: OECD-FAO (2008); Agricultural Outlook 2008-2017; chapter 4

El diagrama IV.1 nos muestra la producción del etanol en Brasil a partir de la caña de azúcar, sus costos y un comparativo con el precio de la gasolina que se vende al público, así como el balance energético y la emisión de GEI. Este diagrama ilustra tres cosas en la economía brasileña. Primero, que el etanol de venta al

público es más barato que la gasolina (junio 2007). Segundo, que el balance energético, por producir etanol, es ocho veces superior que la gasolina. Y tercero, que la emisión de GEI es menor en 56% menos, al sustituir etanol por gasolina.



FUENTE: U.S. DOE ; U.S. EPA; WORLDWATCH INSTITUTE; IOWA STATE UNIVERSITY; CITADO POR BOURNE JOEL K. JR.; NATIONAL GEOGRAPHIC, VOL. 21, No. 4; OCTURE DE 2007; P. 31.

IV.3 ESTADOS UNIDOS

Los Estados Unidos se han venido consolidando en la producción de biocombustibles líquidos, especialmente etanol, donde su principal insumo es el maíz amarillo. La producción de etanol se disparó a partir de la Ley de Aire Limpio (Clean Air Act) promulgada en 1990, así como las posteriores legislaciones estatales que restringen o prohíben el uso del Metil Terbutil Eter (MTBE).

Este proceso se aceleró a partir del anuncio oficial de la nueva política energética de Estados Unidos, basada en la producción de energías alternativas, que buscan disminuir el riesgo de la dependencia energética, que observa la economía más grande del mundo. En enero de 2007, el presidente George W. Bush dio a conocer su meta “Twenty in Ten” (veinte en diez) que implica reducir el uso de las gasolinas en un 20% en los próximos 10 años. Estimaron alcanzar esta meta por medio de la sustitución del 15% de las gasolinas por etanol, biodiésel, metanol, butanol, hidrógenos, entre otros; y el 5% restante, lograrlo a través de una mejora en la eficiencia en los motores automotrices.

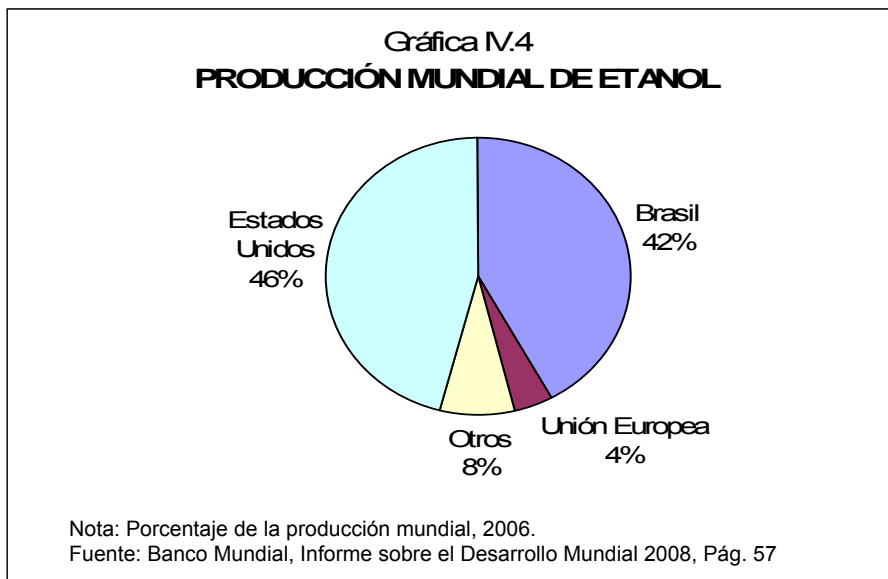
Cumplir este objetivo, implicaría estar produciendo 35 mil millones de galones al año de biocombustibles para el 2017. Actualmente Estados Unidos está produciendo de etanol y biodiesel 6 mil millones de galones, aproximadamente, por lo que el reto es incrementar la producción en 29 mil millones de galones de aquí a 10 años, que, “coincidentalmente”, es la fecha cuando se acaban las reservas probadas de petróleo en México.⁴⁷

⁴⁷ Estas operaciones se obtienen bajo el supuesto de que la meta para el año 2017, sólo se intente alcanzar incrementando la producción de etanol y biodiesel, pero recordemos que existen otros combustibles como el metanol, butanol e hidrógeno, entre otros.

Evidentemente, estas cifras son muy altas y, para alcanzarlas, Estados Unidos tendría que tener una tasa de crecimiento, en la producción de biocombustibles, muy elevada. Suponiendo que, para llegar a la meta de sustitución de gasolinas establecida para el año 2017, Estados Unidos decidiera hacerlo, sólo a través de etanol y biodiesel, tendría que incrementar la producción anualmente en 3 mil millones de galones, aproximadamente, durante los próximos 10 años, cantidad por demás elevada.

Lo anterior está generando una presión enorme sobre los precios de los insumos, principalmente maíz, lo que ha provocado graves problemas en el consumo en los países subdesarrollados, sobre todo en los que son deficitarios en este grano, como es el caso de México.

La industria de los biocombustibles en Estados Unidos produce el 46% del total del etanol en el mundo, que representó en el 2007, aproximadamente, 21 mil 500 millones de litros; también produce el 13% del biodiesel, que representó mil 500 millones de litros, para el mismo año.⁴⁸ (Ver gráfica IV.4).



⁴⁸ La tasa de conversión de galones a litros es de 3.79

La demanda total de etanol en Estados Unidos no alcanza a satisfacerse con la oferta interna, por lo que se tiene que recurrir a las importaciones (ver cuadro IV.2); de continuar las exigencias legales de otros Estados Americanos sobre el uso del etanol en los automóviles, y dada la nueva estrategia energética planteada, la diferencia entre demanda y oferta crecerá, por lo que se estima que las importaciones tenderán a crecer. A la vez, existirán mayores presiones a la alza sobre el precio del maíz, y sobre las exportaciones de Estados Unidos al resto del mundo, pudiendo disminuir los volúmenes en la medida que valla aumentando la demanda interna de maíz, para producir etanol. Esto generará problemas de abasto a nivel mundial.

Se estima que el déficit de producción de etanol de Estados Unidos cierre el año 2008 en 486 millones de litros, y éste aumentará, para el 2017, a 5 mil 100 millones de litros, cantidad muy significativa que será importada principalmente de Brasil, Colombia y Centroamérica. En la siguiente década, la producción de etanol en Estados Unidos, crecerá a una tasa promedio anual de 3.1%, y el consumo lo hará a una tasa de 3.8%.

Cuadro IV.2
ESTADOS UNIDOS: OFERTA Y DEMANDA DE ETANOL
(Millones de Galones)

	2002	2003	2004	2005
Producción	2,130	2,800	3,535	4,264
Importaciones	46	61	161	135
Exportaciones	n/d	n/d	n/d	8
Demanda	2,085	2,900	3,513	4,049

Fuente: Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México, 1996–2012, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Sagarpa, 2008.

Buscando incrementar la oferta de etanol, el gobierno de Estados Unidos está promoviendo la construcción de más plantas, apoyando con subsidios, créditos fiscales e impuestos preferenciales. Por ejemplo, les rembolsa a los refinadores y comercializadores de etanol, 0.51 dólares por galón (13.47 USD/hl); 1 dólar por galón (26.42 USD/hl), cuando se trata de biodiesel de aceite vegetal; y 0.50 dólares por galón (13.21 USD/hl), si se trata biodiesel de aceite reciclado de cocina o grasa animal. Este crédito fiscal se aplica a través del impuesto federal, sobre ventas de combustible y el impuesto sobre la renta.

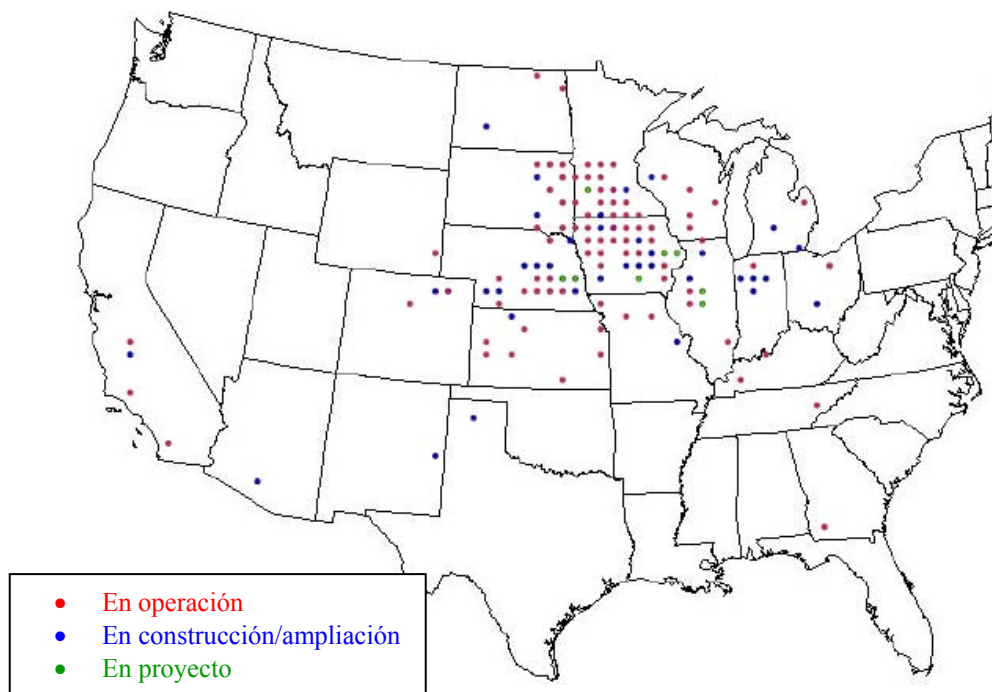
Además, otorga un crédito tributario de 10 centavos por galón, para ayudar a los pequeños productores de etanol, así como préstamos por 85 millones de dólares para los negocios que se inician en la producción de etanol.

La Ley de Energía del 8 de agosto de 2005 (Energy Policy Act) fija un estándar de combustibles, mediante el cual se hace obligatorio que la gasolina que se comercialice en los Estados Unidos tenga un contenido mínimo de biocombustible. Estados Unidos también utiliza una política arancelaria para inhibir las importaciones, con el objetivo de favorecer las nuevas plantas. En el caso del etanol, cuenta con un arancel al valorem del 2.5%, más un arancel específico de 0.54 dólares por galón, lo que hace un arancel compuesto de aproximadamente 25%, nivel demasiado alto que favorece a sus industriales del etanol.

A lo anterior, habría que agregarle los apoyos estatales que otorgan las distintas entidades en función de sus atribuciones, y con el objetivo de contar con mayores plantas para reactivar la inversión y el empleo.

En base a todas las políticas reseñadas anteriormente, en Estados Unidos ya operan más de 150 plantas, más las que están en construcción. (Ver mapa IV.1).

Mapa IV.1
PLANTAS PRODUCTORAS DE ETANOL EN E.U.



Sin lugar a dudas, el reto para Estados Unidos será lograr bajar los costos de producción, elevar la productividad, pasar a la producción del etanol de segunda y tercera generación y cambiar de materia prima (maíz). Ya que, si bien es cierto, al interior del país, con la tecnología disponible y con los rendimientos agrícolas actuales, producir etanol a partir del maíz es lo que le sale más barato, pero al compararlo con el etanol extraído de caña de azúcar en Brasil, se observa su inviabilidad económica a largo plazo. Además, no es cosa menor los problemas que está generando en la economía mundial, por los aumentos en los precios de los granos, dado el desvío de una parte importante de la oferta interna de maíz hacia la producción de biocombustibles. (Ver cuadro IV.3).

Cuadro IV.3
COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ETANOL POR PRODUCTO
(Dólares/Galón)

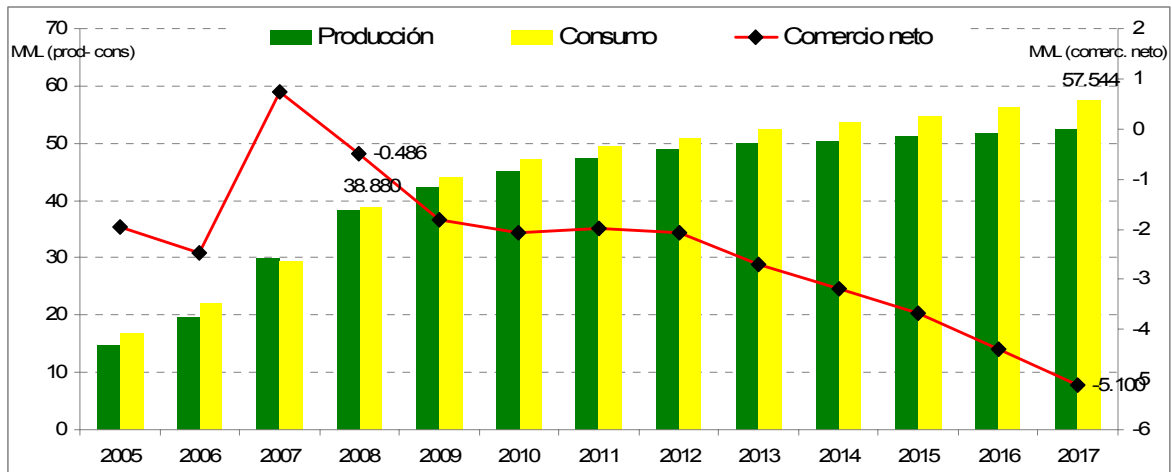
Costos de producción del etanol, por proceso según cultivos	Estados Unidos					Brasil	Europa
	Maíz molienda en húmedo	Maíz molienda en seco	Caña de Azúcar	Melazas	Remolacha	Caña de azúcar	Remolacha
Costos de producción del cultivo.....	0.40	0.53	1.48	1.58	0.91	0.30	0.97
Costos de procesamiento.....	0.63	0.52	0.92	0.77	0.36	0.51	1.92
Costo total	1.03	1.05	2.40	2.35	1.27	0.81	2.89

Fuente: Shapouri H.; Salassi M. and Fairbanks J. N.; "The Economics Feasibility of Ethanol Production from Sugar in the United State"; OEPNU, OCE, USDA and Louisiana State University; USA, Julio de 2006.

En el futuro, Estados Unidos se proyecta para ser el mayor productor y consumidor de etanol en el mundo. Se estima que, para el 2017, su producción llegue a 52 mil 444 millones de litros y su consumo sea de 57 mil 544 millones de litros, por lo que tendrá un déficit de 5 mil 100 millones de litros, mismos que importará del resto del mundo, principalmente de Brasil, Colombia, Centroamérica y, probablemente, algo de México.

Otro dato importante sobre el etanol en Estados Unidos, es que su comercio neto será cada vez más negativo, llegando a representar las importaciones el 9% de consumo total en el 2017. También, ya para ese mismo año, observará un aumento en la cantidad de vehículos flexi-fuel, representando un 3% del total de su flota. De este total de vehículos, sólo el 7% consumirá etanol "puro" (E85), y el 93% restante consumirá mezclas menores y se utilizará como oxigenante de las gasolinas. (Ver gráfica IV.5).

Gráfica IV.5
EL ETANOL EN ESTADOS UNIDOS, 2005-2017



Notas: Los datos están en miles de millones de litros.

Fuente: OECD-FAO (2008); Agricultural Outlook 2008-2017; chapter 4

El diagrama IV.2 nos ilustra de forma esquemática la producción y los costos del etanol a partir del maíz en Estados Unidos. Hace una comparación de los precios al público de la gasolina y el etanol (julio de 2007), el balance energético y la emisión de GEI. Tres cosas se deducen de dicho diagrama. Primero, que en Estados Unidos el galón de etanol, medido en términos de energía equivalente, sale más caro que la gasolina. Segundo, que el balance energético, por producir etanol, es ligeramente superior. Y tercero, que las emisiones de GEI son 22% menos, al sustituir la gasolina por el etanol.

Diagrama IV.2 Etanol de maíz en E.U.

Casi todo el etanol en EUA se fabrica con maíz amarillo. La proliferación de destilerías de etanol ya compite por el maíz con los productores de carne, lo que aumenta los precios. La mayoría del etanol se vende como aditivo para gasolina o como E85 (en la región central de EUA).

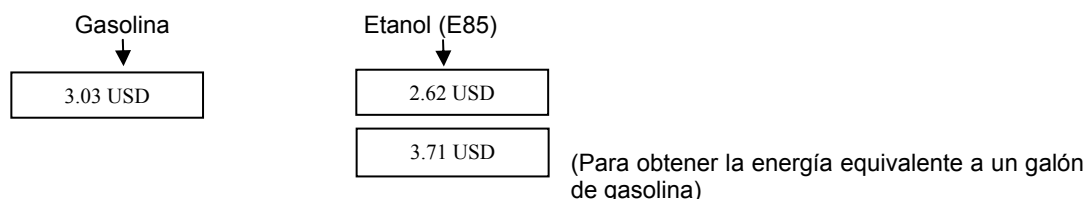
- **PRODUCCIÓN DE E.U.**

4.86 miles de millones de galones (2006)

- **COSTO DE PRODUCCIÓN EN E.U.**

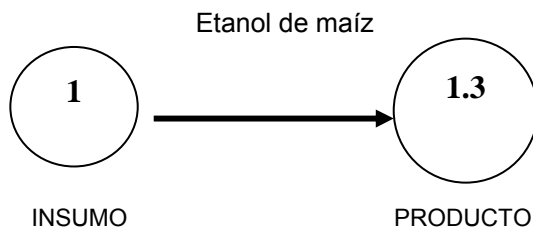
1.09 dólares por galón

- **PRECIO AL PÚBLICO EN E.U.** (por galón, julio 2007)

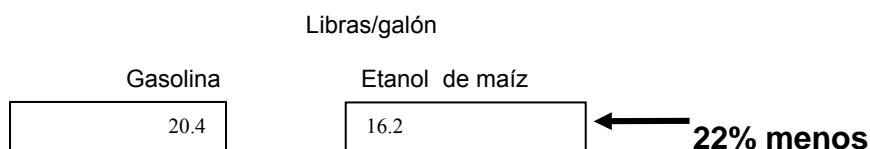


- **BALANCE ENERGÉTICO**

Energía de combustible fósil empleada en hacer combustible (insumo) contra la energía en el combustible (producto)



- **EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO** (producción y uso)



FUENTE: U.S. DEPARMENT OF ENERGY; U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY; RENEWABLE ASSOCIATION; ENERGY FUTURE COALITION; WORLDWATCH INSTITUTE; CITADO POR BOURNE JOEL K. JR.; NATIONAL GEOGRAPHIC, VOL. 21, No. 4; OCTURE DE 2007; P. 28.

IV.4 UNIÓN EUROPEA

La Unión Europea es el principal productor de biodiesel en el mundo utilizando como materia prima la semilla de colza y girasol. Pero ese liderazgo se ha ido menguando en la medida que otras naciones han acelerado la producción de este biocombustible. En el año 2006 produjo el 75% del biodiesel del mundo, para el 2007 el 67% y para el 2008 el 54%. Se proyecta que, para la próxima década, su participación se mantenga alrededor del 50%, ya que otras naciones, como Indonesia, Brasil, Estados Unidos y Malasia (en ese orden), vienen empujando muy fuerte en la producción de biodiesel.

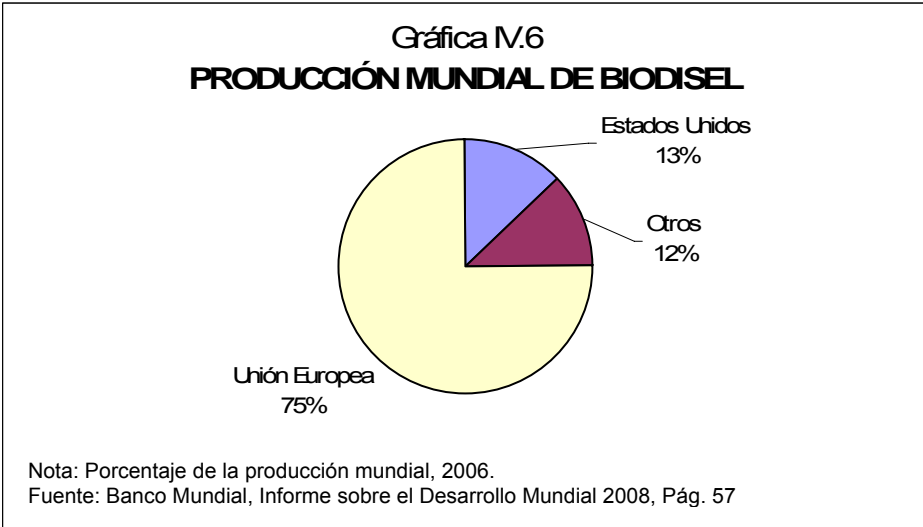
No obstante esa decisiva participación de mercado de la Unión Europea, en la producción mundial de biodiesel, no sucede lo mismo en el etanol. En el 2006 participó con sólo el 4%, el 2007 con el 4.1% y el año 2008 con el 5.7%. Se proyecta que, para el 2017, alcance la cifra de 9.4%, produciendo 11 mil 883 millones de litros, con lo que se ubicará por debajo de Estados Unidos y Brasil, pero muy cercano estará China, con una producción de 10 mil 210 millones de litros.⁴⁹ Esto sin olvidar que, en las cifras de la Unión Europea, están agrupadas 27 naciones. (Ver gráficas IV.6 y IV.7).

El etanol, en Europa, se produce principalmente a partir de la remolacha, trigo, maíz y cebada. Los principales países productores son Alemania y Francia. La legislación en la Unión Europea (2003) establece que el 2% de energía para el transporte provenga de fuentes renovables, incluyendo etanol y biodiesel, incrementando esta exigencia al 5,75% para finales de 2010, y al 7% para el 2015.

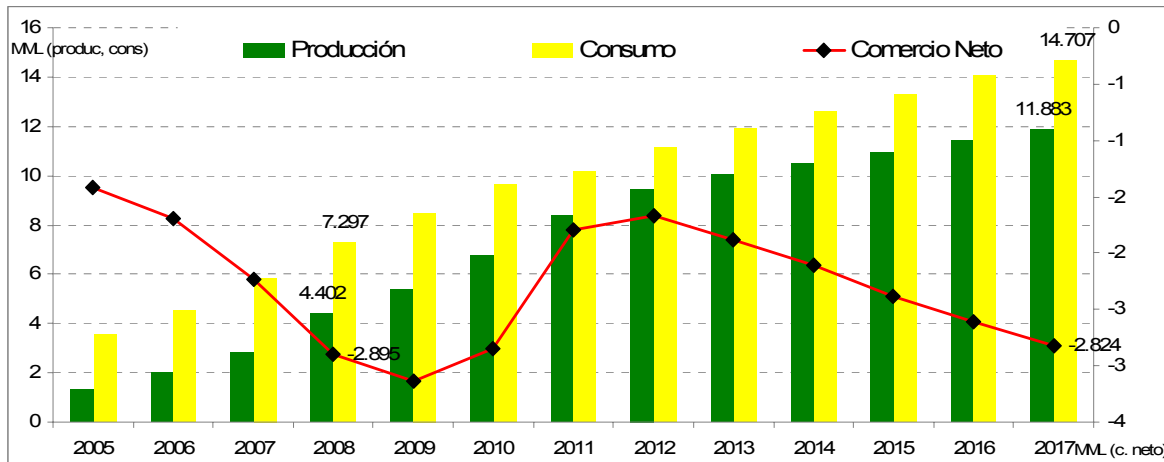
⁴⁹ Banco Mundial, Informe sobre el Desarrollo Mundial 2008 y OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017.

Estas ambiciosas metas están provocando una presión adicional a la dinámica mundial de los biocombustibles y en el consumo de granos. Por ejemplo, se estima que el uso de los cereales, como insumo para la producción de etanol en Europa aumentará, a 24 millones de toneladas métricas antes del año 2017, cuatro veces más que las utilizadas en el 2007. El 81% de esos cereales es trigo, con lo que se vislumbra un impacto negativo en los precios domésticos de este impórtate alimento, mismo que se trasladará al resto del mundo y otros alimentos. Si a esto le agregamos que el consumo de etanol avanzará a un ritmo mayor que la producción, sobre todo a partir del 2012, la situación se agravará volviendo más negativa la balanza comercial de etanol en Europa. Se estima que el comercio neto de etanol en la Unión Europea para el 2017, sea cercano a menos tres mil millones de litros. (Ver gráfica IV.7).

De acuerdo con las proyecciones de la OECD-FAO, la Unión Europea no llegará a la meta de consumir el 5.75% de biocombustibles para el año 2010; consideran que, a lo sumo, llegará al 5%, excepto que impulse medidas adicionales y/o que el progreso tecnológico permitan elevar sustancialmente la productividad.



Gráfica IV.7
EL ETANOL EN LA UNIÓN EUROPEA, 2005-2017



Notas: Los datos están en miles de millones de litros.

Fuente: OECD-FAO (2008); Agricultural Outlook 2008-2017; chapter 4

IV.5 CHINA

En la próxima década, China saltará al escenario mundial como la cuarta región productora de etanol. En el 2008, su participación fue del 8%, y ésta pudiera aumentar consistentemente en los próximos años, a un tasa del 4.3% anual. Se estima que su producción de etanol, en el 2017, alcance la cifra, nada despreciable, de 10 mil 210 millones de litros, que, junto con otros tipos de energía alternativa, ubicarán a China en una posición competitiva en materia energética. El etanol, en China, se produce fundamentalmente a partir del maíz, pero se están haciendo investigaciones y pruebas con sorgo dulce, cereales de baja calidad alimenticia y papa dulce.

Hay que aclarar que, hasta antes de los aumentos recientes de los precios de los alimentos a nivel mundial, China tenía considerado un ambicioso programa de crecimiento en materia de etanol, pero viró estratégicamente hacia otros tipos de energías alternativas, como la solar, eólica, entre otras.⁵⁰

IV.6 INDIA

Otro país en el que crecerá rápidamente la producción de etanol es la India. En esta milenaria nación, se produce etanol a partir de la caña de azúcar, y su volumen ascendió en el 2008 a mil 900 millones de litros, cantidad que llegará a los 3 mil 600 millones en la siguiente década, representando, aproximadamente, el 3% de la producción mundial.

Lo anterior ha sido motivado por una disminución de los precios internos del azúcar, y por una decisión del gobierno de ese país por ofrecer una nueva alternativa de ingreso a los miles de productores de caña de azúcar. Se proyecta que la producción, en los próximos diez años, crezca a una tasa promedio anual del 7.3%, y el consumo nacional lo haga a una tasa del 5.6%, por lo que India tendrá un remanente creciente de etanol que enviará al mercado mundial, cercano a 400 millones de litros anuales.⁵¹

⁵⁰ China ya es el principal productor y exportador de celdas fotovoltaicas para aprovechar la energía solar.

⁵¹ Los datos son de OECD-FAO (2008); Agricultural Outlook 2008-2017; chapter 4

IV.7 CANADA

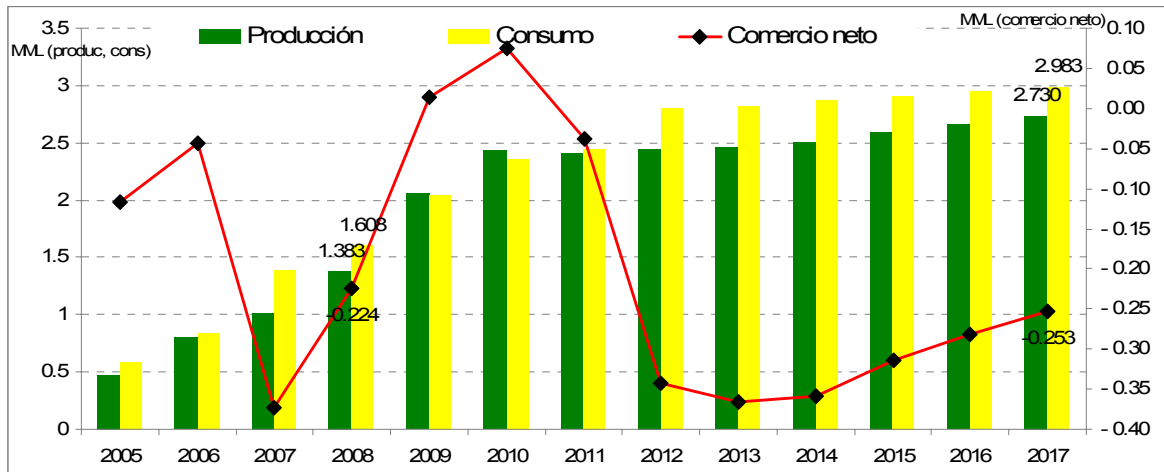
Las motivaciones para la producción de etanol en Canadá están basadas en la obligación legal que tienen algunas provincias, para que los comercializadores de gasolina usen un 10% de etanol en las mezclas, y en las exenciones federales de impuestos, que a partir de 2008 serán cambiadas por pagos directos. De acuerdo con las proyecciones de la OECD-FAO, Canadá observará una tasa de crecimiento en su producción de etanol para el período 2008-2017 de 5% anual; mientras que su consumo crecerá a una tasa del 5.8%, por lo que tendrá un déficit en este biocombustible.⁵²

Canadá produce etanol a partir del maíz y del trigo, pero principalmente lo hace a partir del primero, importando una parte de la materia prima de Estados Unidos. Su producción, que viene creciendo sostenidamente desde el año 2000, se estima detenga su ritmo y lo haga a tasas más moderadas a partir del año 2010; esto, por los efectos negativos del encarecimiento del grano en los mercados internacionales, y por la posible limitante a las exportaciones que pudiera imponer Estado Unidos, principal abastecedor de las importaciones de maíz de Canadá.

La producción de etanol en el 2017 llegará a 2 mil 730 millones de litros, y el consumo será de 2 mil 983 millones, lo que obligará a Canadá a estar importando, aproximadamente, 250 millones de litros por año, sobre todo a partir del 2012. (Ver gráfica IV.8).

⁵² Opus Cit.

Gráfica IV.8
EL ETANOL EN CANADÁ, 2005-2017



Notas: Los datos están en miles de millones de litros.

Fuente: OECD-FAO (2008); Agricultural Outlook 2008-2017; chapter 4

IV.8 OTROS PAISES (TAILANDIA, VIETNAM, AUSTRALIA, SUDAFRICA Y COLOMBIA)

Medidos por su volumen de producción de etanol, el ranking de los países en la próxima década será en el orden siguiente: Estados Unidos, Brasil, Unión Europea (27 países), China, India y Canadá (que son los que ya hemos revisado en este apartado). A partir de ahí, existe otro grupo de países de pequeño volumen de producción, pero que registrarán altas tasas de crecimiento anual. (Ver cuadro IV.4).

Tailandia se proyecta como la nación asiática, después de China e India, para producir mayor etanol, con una tasa de crecimiento promedio anual, para los próximos diez años, del 19%, mientras que su consumo crecerá a una tasa del 16% anual, generando con ello un excedente que lo destinará a la exportación. La

cantidad de etanol total que se usará como porcentaje del consumo total de gasolinas en Tailandia, crecerá del 2% en el 2008 a 12% en el 2017, porcentaje por demás considerable, sólo por debajo de Brasil (56.6%) y por arriba de Estados Unidos (6%) y del promedio mundial (7.6%). Tailandia utiliza, como materia prima principal, raíces y tubérculos propios de la región.

Vietnam, aunque su volumen actual de etanol es reducido y apenas llega a los 164 millones de litros, registrará también tasas elevadas de crecimiento cercanas al 14% anual, mientras que su consumo es muy incipiente, generando una cantidad considerable para la exportación de aproximadamente 370 millones de litros para el año 2017.

Australia, por su parte, con una producción de mil millones de etanol para el 2017, avanzará lentamente en la producción y consumo de este biocombustible. Aunque observará una alta tasa de crecimiento anual (12.5%) en su producción, su volumen representa una reducida contribución en función del tamaño e importancia de su economía. Su mayor crecimiento se concentrará del 2008 al 2010, período en el cual, el consumo total de etanol en las gasolinas, pasará de 0.5% a 3%. La materia prima principal utilizada son las melazas y en menor grado los granos.

En varios países del Continente Africano, el sector de los biocombustibles se considera una opción de oportunidad para la inversión, dada la demanda futura de la Unión Europea y Asia. Concretamente, en Sudáfrica, cada vez hay más interés en la producción de etanol. Se estima que la oferta interna crezca más rápido que la demanda de etanol en Sudáfrica. Se proyecta una tasa de crecimiento promedio anual de 6.3% para 2008-2017, con una producción de 683 millones de litros por

año para el final del período, generándose un comercio neto positivo para este país. El etanol se produce, principalmente, a partir caña de azúcar y melaza, y su producción se ve como una alternativa para reactivar las zonas rurales y sustituir los altos costos de importación de los combustibles fósiles.

Colombia es la segunda nación latinoamericana, después de Brasil, que consistentemente ha adoptado una política hacia los biocombustibles y que, desde el 2005, ha venido promoviendo. En los números de la OECD-FAO, Colombia es la nación sudamericana con mayor potencial en consolidar, en la siguiente década, una industria de los biocombustibles, utilizando como insumo principal la caña de azúcar, y aprovechando la experiencia y transferencia tecnológica de Brasil. Se proyecta que produzca, aproximadamente, 800 millones de litros de etanol para el año 2017, contra 500 que ya produce en el 2008. Este aumento en la producción le permitirá a Colombia convertirse en un exportador neto de etanol hacia Estados Unidos, ya que tendrá un remanente anual de 300 millones de litros, aproximadamente. El auge del etanol en Colombia se debe a la reglamentación legal que, desde el 2006, obliga a los comercializadores a mezclar un 10% de etanol en las gasolinas vendidas en las ciudades de más de 500 mil habitantes, y porcentajes menores en ciudades más pequeñas.

Cuadro IV.4 PAISES CON POCO VOLUMEN DE ETANOL, PERO CON ALTAS TASAS DE CRECIMIENTO EN SU PRODUCCIÓN, 2008-2017 (Millones de litros)			
País	2008	2017	Tasa de crecimiento (%)
Tailandia	408	1790	18.9
Vietnam	164	532	13.9
Australia	156	1004	12.5
Sudáfrica	369	683	6.3
Colombia	497	796	5.6

Fuente: OECD-FAO, Agricultural Outlook 2008-2017; appendix, 2008.

IV.9 CONCLUSION

Las evidencias empíricas encontradas, nos llevan a la conclusión sobre la existencia a nivel global de un interés real sobre la producción de biocombustibles. Entre las razones principales aducidas, está el incremento en los precios del petróleo, el calentamiento global que genera el consumo excesivo de este recurso fósil, la necesidad de disminuir la dependencia de un recurso no renovable, y la urgencia de reactivar grandes zonas rurales marginadas.

Los datos así lo confirman. En todo el mundo, se están haciendo esfuerzos por desarrollar e integrar la cadena productiva del etanol. La producción mundial de etanol se duplicó entre el año 2000 y el 2007. El volumen de producción para el 2008 es de 77 mil millones de litros, cantidad muy superior a los 30 mil millones de litros del año 2000.

En el futuro, la producción continuará creciendo. Se estima que la tasa de crecimiento promedio anual, para el período 2008-2017, será del 5.1%. El ranking de la producción de etanol, para la siguiente década, será Estados Unidos, Brasil, Unión Europea (Alemania y Francia), China, India, Canadá, Tailandia y Australia, de mayor a menor. Llama la atención que, en los primeros 8 lugares, no aparece ningún país latinoamericano, excepto Brasil, que es uno de los pioneros en la producción de este biocombustible.

En ese sentido, la contribución futura de México, a la producción mundial de etanol, será marginal y no determinante en la formación del precio internacional. También se visualiza a México como un país importador de tecnología e incipiente en la investigación sobre la materia.

Otra cuestión que se concluye de la revisión de las experiencias mundiales, es que el precio del etanol ha llegado a su tope techo, por lo que el desarrollo de la industria del etanol estará fuertemente ligada a una política de subsidios públicos y apoyos arancelarios.

El comercio internacional del etanol, aunque bajo, paulatinamente continuará su crecimiento, llegando a representar, en el año 2017, el 8% de la producción mundial. Los principales países importadores serán Estados Unidos y la Unión Europea, y el principal país exportador será Brasil. Bajo este escenario, México no “pintará” en el comercio internacional de etanol, por lo menos la próxima década.

Otra de las evidencias empíricas que se ilustran, es el hecho de que la producción de etanol, a partir de la caña de azúcar, es más barata que hacerlo a partir del maíz. Además, hay que resaltar que, tanto Brasil (caña de azúcar) como Estados Unidos (maíz), lo hacen a partir de un recurso natural, en el cual son superavitarios y exportadores netos. México, por el contrario, si decide hacer etanol a partir del maíz, estará utilizando un grano alimenticio en el cual somos deficitarios como nación.

V. BARRERAS Y OPCIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

V.1 RESTRICCIONES ECONÓMICAS

El futuro de los bioenergéticos, en México, no sólo depende de su propia rentabilidad, sino tiene que ver con otra serie de factores relacionados. Es el caso de los precios del petróleo: la productividad de los cultivos agrícolas, la tecnología utilizada para su producción, el impacto ambiental de los combustibles fósiles, los avances de la investigación en la materia, la presión social por los aumentos de precios de los alimentos, el financiamiento público y privado, los subsidios y apoyos otorgados por los tres niveles de gobierno, entre otros factores.

Las restricciones económicas son fundamentales, y tiene mucho que ver la existencia de una política pública específica que promueva, pero que, a la vez, regule el desarrollo de esta nueva actividad en México.

Hay que recordar que, en economía, no siempre lo que es bueno para un individuo, en particular, lo es también para la sociedad en su conjunto. En muchas ocasiones, la actividad empresarial genera externalidades negativas, que el Estado debe obligar a que se paguen por quienes las generaron.

Además, el desarrollo de la industria de los biocombustibles requiere de la integración de la cadena productiva, ya que la producción del insumo principal (cultivo energético) debe ser en la calidad necesaria y en la cantidad suficiente en el tiempo.

Por lo anterior, se necesita involucrar a los productores primarios mediante esquemas comerciales que les sean convenientes, por que, ante un panorama de precios agrícolas cambiantes, los agricultores pueden modificar sus patrones de cultivos, buscando, como es lógico, una mayor rentabilidad económica.

Así como para desarrollar la industria de los biocombustibles se requiere integrarse para atrás (producción de insumos), también se necesita integrarse hacia adelante, promoviendo el desarrollo de un nuevo mercado, que tiene que ver con el consumo, que en el caso del etanol, ya sea para oxigenar las gasolinas y/o para venderlo al público como un combustible final mezclado de uso directo en el transporte.

Otro aspecto de las restricciones económicas son las que tienen que ver con el financiamiento privado y público. Para que la banca privada pueda entrar a financiar estos proyectos, se requiere de un ambiente legal que dé certeza sobre la recuperación del capital. De igual forma, los recursos públicos, por definición escasos, hacen mucha falta en educación, combate a la pobreza, salud, vivienda, alimentación, inclusive para desarrollar otros combustibles fósiles poco convencionales, como son arenas de aceite, petróleo crudo pesado, conversión de carbón a aceite, etcétera.

Los montos de inversión requeridos para las biorrefinerías son considerables y de largo lazo. Además, no debemos olvidar que, en una economía como la mexicana, donde tenemos un déficit de capital, destinar recursos para desarrollar lo biocombustibles es dejar de invertir en otros sectores, por lo que deberemos observar el costo de oportunidad de los mismos.

La escasez del petróleo en el mundo y su consideración como un recurso estratégico, ha provocado un incremento sustancial de los precios. Esto se ha convertido en un fuerte estímulo para la exploración de energías alternativas, entre ellos los bioenergéticos. Pero este estímulo también se puede convertir en lo contrario. En el pasado, ese estímulo ha desaparecido en el momento que los

precios internacionales han disminuido. En la coyuntura actual no se vislumbra que los precios del petróleo bajen a los niveles de los años noventas, por lo que la viabilidad de las energías alternativas es ahora más posible.

Por último, una restricción en la producción de biocombustibles tiene que ver con la potencial sobreexplotación de la tierra y el agua, considerados como un factor de producción indispensable para producir la materia prima.

La renta de la tierra, a medida que se vuelva escasa, aumentará, con lo que se encarecerá lo que se produzca en ella. En la producción de biocombustibles, el costo principal es la materia prima utilizada. Por ejemplo, en Brasil la caña de azúcar representa, aproximadamente, el 40% de los costos totales. Mientras que, en Estados Unidos, el maíz representa más del 50%. Por lo tanto, al aumentar la renta de la tierra, manteniendo constante los rendimientos del cultivo y la tecnología utilizada, los costos de producción de los bioenergéticos tenderán a aumentar, con lo que su competitividad disminuirá. La necesidad de un mayor volumen de materia prima (agrícola), en un primer momento, no tendrá un efecto sobre la renta media de la tierra, ya que se buscará hacer producir las tierras ociosas y marginales, pero, en un segundo momento, la competencia llevará a tratar de conseguir las mejores tierras, por lo que el precio medio de la renta de la tierra terminará aumentando, ya que “el importe de la renta que se pagará por cualquier trozo de tierra depende de la productividad marginal de ella.”⁵³

Además, existen otros problemas asociados a la tenencia de la tierra, como la atomización de los predios, el envejecimiento de los propietarios, las diferentes

⁵³ Garver, Frederick B.; Hansen, Alvin H.; Principios de Economía, 3ª. Edición; Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid, España, 1960; Pág. 421.

vocaciones de las regiones y los subsidios a la misma (PROCAMPO). Por ejemplo, de los 22 millones de hectáreas que se siembran en México, aproximadamente, 6 millones son de riego y, por lo tanto, son las más productivas, mientras que el resto son de temporal. Más del 50% de los 3 millones 400 mil productores posee predios de menos de 5 hectáreas; el 29% cultiva predios de menos de 2 hectáreas. El 80% de los productores está concentrado en los cultivos de menor rentabilidad, como los granos y oleaginosas. La mitad del total de productores realiza agricultura de subsistencia, y existe un alto rentismo parcelario en el sector social. Aproximadamente, 25 millones de personas viven en la zona rural y, es ahí, precisamente, donde se concentran los niveles más altos de pobreza en México. Al decidir nuestro país entrar a producir biocombustibles, todos esos elementos señalados tendrán que irse readecuando a la nueva realidad, con la lógica resistencia que implican los cambios.

El agua es otro elemento que está en la discusión y, con la producción de biocombustibles, aumentaría su escasez. Dado sus usos alternativos y vitales, su costo tendería a aumentar, y se elevaría la posibilidad de sobreexplotar los mantos freáticos. Sabemos que la productividad de los cultivos agrícolas está estrechamente relacionada con el uso del agua. Además, el maíz y la caña de azúcar, son cultivos de alta demanda de agua; no se puede pensar en siembra de temporal, ya que la productividad requerida para alcanzar la rentabilidad económica de esos cultivos sólo se logra en superficies sembradas bajo el sistema de riego. En este contexto, habrá fuertes presiones por el uso del agua, y los costos de la misma aumentarán con el tiempo.

V.2 RESTRICCIONES TÉCNICAS

La tecnología es una cuestión fundamental que, entre otros elementos, hace la diferencia sobre la rentabilidad de producir o no biocombustibles.

México, generalmente en todas las áreas del conocimiento, es un país importador neto de tecnología. A lo sumo, llegamos a la transferencia “exitosa” de tecnología, que consiste en la adaptación de la misma a las condiciones locales de producción. En muy pocos campos se ha logrado desarrollar tecnología nacional, y los bioenergéticos no son la excepción.

Las restricciones técnicas, para producir etanol, tienen que ver con el desarrollo y aplicación de tecnologías en dos grandes eslabones de la cadena. La primera, es la tecnología utilizada en los cultivos agrícolas. De ésta dependen los rendimientos por hectárea y, con ello, la rentabilidad del propio cultivo. No es lo mismo sembrar en el régimen de riego que de temporal; tampoco da igual sembrar a “cielo abierto” que en invernadero; existen grandes diferencias en los rendimientos cuando se utiliza el “riego rodado” o el riego por goteo. Por ejemplo, el rendimiento de maíz en tierras de temporal (de buen temporal, que son menos del 30% del total de tierras en este régimen) es, en promedio, 1.5 toneladas por hectárea, mientras que en el sistema de “riego rodado” es de 9.5 toneladas, y en riego por goteo llega a las 15 toneladas por hectárea. Esto, por supuesto, hace una gran diferencia en términos de rentabilidad.

En la base de esa diferenciación tan marcada está la mecanización y la irrigación, ambas cosas determinadas por la aplicación de tecnología, misma que no

producimos localmente, sino que la importamos del resto del mundo, principalmente de las naciones desarrolladas.

La segunda gran restricción técnica en la producción de etanol, está en el eslabón de la transformación, sobre todo usando tecnologías de segunda y tercera generación. Habría que reconocer que, la tecnología para producir biocombustibles por los diferentes métodos tradicionales (primera generación), a partir de la caña de azúcar y el maíz, no implica mayores problemas, dado que son tecnologías maduras y bastantes conocidas; no implicando, por lo tanto, realmente una restricción fundamental para México.

No sucede lo mismo con las tecnologías de segunda y tercera generación, para producir biocombustibles con biomasa lignocelulósica, utilizando avanzados procesos para su transformación. En este caso, como nación, sí tenemos una fuerte restricción tecnológica, ya que la investigación que se está realizando, para el bioetanol y biodiesel de segunda y tercera generación, se está llevando a cabo en otros países. Por ejemplo, en Canadá ya existen proyectos demostrativos de etanol celulósico, que a través de una fermentación acelerada, mediante enzimas, transforman residuos agrícolas, forestales, etcétera.

También en Alemania se llevan a cabo pruebas para hacer biodiesel sintético, a base de gasificación y procesos de síntesis de Fischer-Tropsch, a partir de biomasa de madera.

Estados Unidos, por su parte, hace pruebas para producir etanol, a partir de algas marinas y otros desechos.

México, además de presentar una fuerte restricción tecnológica para producir biocombustibles de segunda y tercera generación, se agrega el requerimiento de

avanzar en tecnologías que permitan incrementar la productividad agrícola y en la aclimatación de cultivos energéticos, como la jatropha, higuera, sorgo dulce, entre otras.

En general, México tiene una fuerte restricción en la parte de la investigación y desarrollo tecnológico, que es y seguirá siendo una barrera insalvable en el corto plazo, para ingresar en la producción comercial de etanol.

V.3 RESTRICCIONES AMBIENTALES

V.3.1 ORIGEN Y CONSECUENCIAS

Uno de los elementos que está en la base de la discusión mundial, sobre el uso de fuentes alternativas de energía, es el cambio climático. Es de conocimiento común que la contaminación que genera la humanidad impacta negativamente la atmósfera, provocando un cambio climático que tiene efectos sobre la vida del planeta. Se estima que la temperatura media ha aumentado 0.6% desde los últimos años del siglo XIX, lo que ha provocado cambios progresivos en la naturaleza, el medio ambiente y la capacidad reproductiva de muchas especies animales y vegetales.

Se puede afirmar que el cambio climático es resultado de los daños ocasionados a la atmósfera, específicamente a la capa de ozono, por medio de la emisión de sustancias químicas que aceleran su descomposición; los más nocivos son los que contienen oxígeno, cloro y flúor. Por ello, el dióxido de carbono, el metano, los óxidos nitrosos y los clorofluorocarbonos, son los que más contribuyen al daño de la capa de ozono, ya que estos gases atrapan una porción creciente de radiación infrarroja terrestre.

Además de lo anterior, la quema indiscriminada de combustibles fósiles, la deforestación y algunas prácticas y métodos de explotación agrícola, también, contribuyen en la destrucción de los ecosistemas.

Los gases que se quedan en la troposfera (primera capa de la atmósfera de adentro hacia fuera) forman una capa, evitando la salida del calor refractado por la tierra y el agua (radiación infrarroja), causantes del calentamiento global, son llamados Gases Efecto Invernadero (GEI) y son principalmente los siguientes:

1. **Dióxido de Carbono (CO₂).**- Proviene de la quema de combustibles fósiles (carbón, derivados del petróleo y gas), reacciones químicas en proceso industriales (como la producción de cemento y acero) y la deforestación. Está considerado como la unidad en términos de efecto invernadero.
2. **Metano (CH₄).**- Proviene de la descomposición anaerobia (cultivo de arroz, rellenos sanitarios, estiércol, principalmente de ganado), escape de gas en minas y pozos petroleros. Con valor de 23 unidades de carbono.
3. **Óxido Nitroso (N₂O).**- Es resultado de la producción y uso de fertilizantes nitrogenados, quema de combustibles fósiles y deforestación.
4. **Hidrofluorocarbonos (HFCs).**- Proviene de procesos de manufactura, usados como refrigerantes.
5. **Perfluorocarbonos (PFCs).**- Proviene de procesos de manufactura, usados como refrigerantes.
6. **Hexafluoruro.**- Proviene de procesos de manufactura, en los que se utiliza como un fluido dieléctrico.

Los GEI son los causantes del calentamiento global, y su emisión se ha acelerado explosivamente en los últimos 50 años. Fue en 1886 que el científico sueco

Svante Arrhenius, por primera vez, afirmara que el consumo de recursos fósiles podía producir el calentamiento de la tierra, cuando los mares fueran incapaces de absorber el dióxido de carbono que se estaba lanzando a la atmósfera. Pero no fue hasta 1950 que se comprobó que el dióxido de carbono, emitido por el hombre, permanecía por lo menos, 10 años en la atmósfera; posteriormente se comprobó que sólo una tercera parte podía ser retenida por los océanos, quedándose el resto retenido en la atmósfera.⁵⁴

En 1976, se demostró que la tierra empezó a elevar su temperatura promedio de manera consistente. En 1998, los diferentes países, por iniciativa de la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, integraron un Grupo Intergubernamental Sobre el Cambio Climático, conocido por las siglas IPCC. Y, precisamente, es éste grupo quien ha documentado y cuantificado todo lo relacionado con el calentamiento global. Las cifras que proporciona parecieran catastróficas, pero la verdad hay que analizarlas con bastante seriedad y mucha credibilidad. Esta agrupación, que reúne a más de 2 mil 500 científicos sobre el tema, afirma que la tierra ha elevado su temperatura media en 0.6 °C, y que la concentración de partículas de CO₂ se ha elevado de 280 partes por millón (ppm) en 1790 a 350 ppm en 1992. Ver cuadro V.1.

Cuadro V.1
CONCENTRACIÓN DE GEI QUE PROVOCA EL CALENTAMIENTO GLOBAL

⁵⁴ Aguilera Gómez Manuel, El Calentamiento de la Tierra: Un desafío para la supervivencia; revista El Economista Mexicano; nueva época No. 18; abril-junio de 2007.

Fuente: Aguilera Gómez Manuel, El Calentamiento de la Tierra: Un Desafío para La Supervivencia; Revista El Economista Mexicano No. 18, abril-junio de 2007

Recapitulando, lo que está en la base del calentamiento global es, en primer lugar, el CO₂ originado por la utilización de los combustibles fósiles y la deforestación; en segundo lugar, la emisión de gases clorofluoruros de carbono y gases afines, como aerosoles, solventes, refrigeradores, etcétera; en tercer lugar, el metano, que generalmente proviene de las minas de carbón, descomposición de materia orgánica, fugas de gas, deforestación, respiración de plantas y suelos; y en cuarto lugar, el óxido nitroso, originado por la quema de biomasa, uso de algunos fertilizantes químicos y algunos métodos de agricultura intensiva.

Las proyecciones del IPCC sobre las consecuencias del calentamiento global, para los próximos 100 años, son las siguientes:

- La temperatura promedio del planeta se elevará entre 1.1 y 4.0 grados, con posibilidades de subir hasta 6.4 grados centígrados.
- Al sobrepasar los 3 grados, provocaría riesgos de extinción del 30% de las

Gas invernadero	1790	1992
Dióxido de Carbono	280 ppmv	355 ppmv
Metano	0.6 ppmv	1.72 ppmv
Oxido Nitroso	275 ppbv	310 ppbv
CFC 11 (Clorofluoruros de carbono)	0	280 pptv
CFC 12	0	482 pptv
Ozono estratosférico	Sin datos	300 unidades dobson

especies animales y vegetales.

- Las sequías se acentuarán, principalmente en África austral, América Latina y la región mediterránea.

- En menos de 20 años, alrededor de mil millones de personas sufrirán la carencia de agua. Otros millones serán amenazadas por inundaciones.
- No es descartable, a finales del siglo, la desaparición del polo norte y la elevación del nivel medio del mar ente 18 y 59 centímetro.
- Los vientos y precipitaciones de lluvia de los huracanes serán más intensos, y las olas de calor se multiplicarán.
- Se alterará el ciclo biológico de las plantas y animales.
- América Latina será muy dañada. La zona del Amazonas podrá ser deforestada.
- La disponibilidad de agua para el consumo urbano y para la generación de energía eléctrica, en América Latina, estará comprometida.
- Las zonas costero-turísticas serán severamente dañadas por la elevación del nivel del mar.
- Serán dañados los manglares de Brasil, Ecuador, Venezuela y Colombia, y las zonas coralinas de Panamá y México.

V.3.2 LOS PROTOCOLOS

¿Quiénes son los causantes del calentamiento global? En primer lugar, el hombre, con sus actividades desmedidas y sin los cuidados necesarios para proteger el medio ambiente. En un sistema económico, donde lo más importante es el lucro individual y/o empresarial, es muy difícil pensar en los daños colectivos y mucho menos del planeta. La explosión demográfica y la vida industrial, basada en la utilización desmedida de recursos fósiles, ha generado externalidades

negativas, que no toman en cuenta en el precio de las mercancías producidas, el costo de contaminar, provocando con ello graves consecuencias.

Ante estas proyecciones, que parecieran catastróficas, lo menos que podemos hacer es preguntarnos por que, los esfuerzos hasta ahora promovidos, para reducir el calentamiento global, no han funcionado.

En 1987 se firmó el Protocolo de Montreal, donde se suscribieron los primeros compromisos para eliminar la producción y uso de productos químicos que dañan la capa de ozono, que por cierto México ahí se comprometió a eliminar el consumo de clorofluorocarbonos (CFC) para el 2010. También, en este protocolo se estableció un Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo, para apoyar a los países en desarrollo en el cumplimiento de las medidas acordadas. En todos los países desarrollados, se suspendió la producción de CFC en el año de 1996.

Posteriormente, en 1997, se firmó el protocolo de Kyoto, en el cual se propone reducir la emisión de gases contaminantes en un 5% en relación a nivel de 1990, para el período 2008-2012. De acuerdo con las cifras ahí presentadas, los países más emisores son: Estados Unidos, con un 36%; los europeos, con el 24%; la Federación Rusa, con el 17.4%; Japón, con el 8.5%; Canadá, con el 3.3%; y Australia, con el 2.1%. El protocolo asigna metas individuales por país y región. Por ejemplo, Europa (en su conjunto) deberá reducir las emisiones en el 8%; Canadá, Hungría, Japón y Polonia, un 6%; Islandia, un 10%; Estados Unidos, un 7%; y Noruega podría aumentarlas en 1%. Este compromiso sería obligatorio, una vez que lo ratificaran los países desarrollados responsables de, al menos, el 55% de las emisiones de CO₂. Se llegó a ese porcentaje con la ratificación de Rusia, por lo que el Protocolo entró en vigor el día 16 de febrero de 2005.

El Protocolo de Kyoto, además de proporcionar una serie de políticas y medidas para mitigar el cambio climático, propone un mecanismo innovador, con racionalidad económica para controlar la emisión de contaminantes:

1. **Comercio de Derechos de Emisión.**- Se asignan valores monetarios a la atmósfera, se establece un número preestablecido de emisiones (unidades de emisión), que pueden ser compradas y vendidas por las partes del anexo A en el mercado de carbono.
2. **Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).**- Los países industrializados pagan proyectos que reducen o evitan las emisiones en los países más pobres, y a cambio les adjudican créditos (Certificados de Reducción de Emisiones) que se pueden aplicar para cumplir sus propios objetivos de disminución de emisiones. Los países receptores se benefician de la infusión gratuita de tecnología avanzada, que permite a sus fábricas o centrales eléctricas funcionar de manera más eficiente y, por lo tanto, con costos más bajos y mayores beneficios.
3. **Aplicación Conjunta.**- Permite a los países industrializados cumplir parte de sus obligaciones de recortar las emisiones de gases de efecto invernadero, pagando proyectos que reduzcan las emisiones en otros países industrializados.

Lo contradictorio de este asunto es que Estados Unidos no ratificó el protocolo, aduciendo razones de ineficiencia e injusticia por involucrar sólo a los países industrializados, quedando excluidos China e India.

Desde la llegada de Jorge W. Bush a la presidencia de Estados Unidos, el 20 de enero de 2001, las probabilidades de la ratificación del protocolo de Kyoto

disminuyeron. A los pocos días de iniciada la administración Bush, el 28 de febrero de 2001, la titular del medio ambiente ordenó mover hacia adelante una regla publicada por el expresidente Clinton, que consistía en reducir el azufre en las gasolinas de 500 partes por millón a 15 partes por millón en el 2006. El 13 de marzo de ese mismo año, el presidente Bush declaró que su administración no procuraría regular las emisiones de dióxido de carbono de las centrales eléctricas, ya que, de hacerlo, las tarifas eléctricas terminarían aumentando. El 27 de marzo de 2001, Bush declaró que Estados Unidos no tenía ningún interés en ratificar el Protocolo de Kyoto, y que buscaría otras formas para combatir el cambio climático. Estados Unidos es la economía más grande del mundo, pero es también la economía que lanza a la atmósfera más Gases de Efecto Invernadero (GEI), principalmente, dióxido de carbono (CO₂). Se estima que la cantidad, únicamente de dióxido de carbono, que emitió Estados Unidos a la atmósfera en el 2005 fue de mil 690 millones de toneladas métricas, que representaron el 25% del total de las emisiones de este gas.

Las razones por las cuales, en los últimos años, las emisiones de carbón en los Estados Unidos han estado aumentando son: primero, la economía estadounidense experimentó un fuerte crecimiento económico durante los años 90's, que en combinación de precios del petróleo generalmente bajos, aumentó el consumo de recurso fósiles, incrementando con ello la emisión de una mayor cantidad de GEI. Segundo, la generalización en el uso del vehículo y una relativa estabilización en la eficacia en el uso de la energía fósil que requieren, ha provocado un aumento sustancial en la emisión de carbón. En Estados Unidos, aproximadamente, existe un automóvil por cada persona. Tercero, la generación

de energía nuclear, que no emite dióxido de carbono, se estancó después de los años 80's. Lo mismo pasó con la hidroelectricidad.

V.3.3 MÉXICO Y SU ESFUERZO DE NO CONTAMINACIÓN

México ocupa el lugar número 13 de los países contaminantes de CO₂, y se estima que envía a la atmósfera el 2% del total de gases que se emiten en el planeta, lo que significa cuatro toneladas de dióxido de carbono por habitante.

El Fondo Multilateral para la Aplicación del Protocolo de Montreal aportó a México 76 millones de dólares en el período 1997-2004, para promover su reconversión industrial, en lo que se avanzó en la eliminación de los CFC, quedando sólo por cambiar los viejos sistemas refrigerantes.⁵⁵

México no pertenece al anexo A del protocolo de Kyoto, por el ranking en que se encuentra (13), pero sí pertenece al anexo B, por lo que no tiene compromisos cuantitativos de reducción de GEI. Sin embargo, debe inventariar las emisiones e instrumentar programas de mitigación de contaminantes, contando con la oportunidad de aprovechar los Mecanismos para un Desarrollo Limpio (MDL).

Recientemente, el Programa Sectorial de Energía 2007-2012 de México contempla algunas acciones específicas encaminadas a mitigar las emisiones de GEI. En él, se compromete a evitar las emisiones de bióxido de carbono, provenientes de la generación de energía eléctrica, en una cantidad de 28 millones de toneladas anualmente, y el contenido de azufre en las gasolinas Magna y Premium, en una cantidad promedio de 30 ppm, todo para el 2012. Además se anuncian algunas acciones genéricas, en el sentido de fomentar y

⁵⁵ Documento de trabajo interno de la Asociación de Productores de Etanol en México A. C.

promover patrones de consumo, que dependan menos del recurso fósil. También se establece la elaboración e instrumentación, conjuntamente, con la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, de un Programa Especial de Cambio Climático que beneficie, de manera integral, el desarrollo social, económico y ambiental del país.

En realidad, es poco lo que se está haciendo por avanzar en la solución de este problema global. Se sabe la enfermedad, se conoce la causa, pero no se hace nada, y/o lo que se hace es insuficiente para contrarrestar este cáncer.

Dado que el daño mayor a la atmósfera lo provoca la emisión de dióxido de carbono, que conlleva principalmente, el uso del petróleo y sus derivados, desde hace algunos años se ha iniciado la búsqueda de fuentes alternativas de energía.

Se ha pensado que los bioenergéticos pueden solucionar dos problemas fundamentales. En primer lugar, por no contribuir con la emisión neta de dióxido de carbono y, con ello, no alimentar el calentamiento global. El CO₂ que expiden los bioenergéticos, al quemarse, es el mismo que absorbieron durante su proceso de desarrollo de la biomasa (planta). Por lo tanto, el balance neto de CO₂ por usar bioenergéticos, es cero, siempre y cuando no se haya utilizado ningún recurso fósil para producirlo. En segundo lugar, porque el recurso petróleo, aparte de ser no renovable, se ha venido agotando en el planeta a una tasa mayor a la estimada. En el caso de México, las reservas petroleras en los últimos cinco años, han bajado el 17%. Por lo tanto, al irse escaseando el petróleo en el mundo, necesariamente tenderá a encarecerse.

En base a lo anterior, el siglo XXI será el período en el cual el mundo entero concrete acciones por reducir el calentamiento global y, para ello, una de las

acciones será la producción de energías alternativas, entre ellas los biocombustibles.

V.4 ALTERNATIVAS PARA MÉXICO

Como ya revisamos, las principales restricciones para la producción de biocombustibles, en este apartado nos concentraremos en las posibles alternativas para México.

Debido a la problemática del calentamiento global, el encarecimiento del petróleo, y el inminente agotamiento de las reservas, la comunidad internacional ha iniciado una incesante búsqueda de energías alternativas, que paulatinamente puedan ir sustituyendo la energía fósil, que actualmente consumimos de forma, por demás, preponderante.

Por lo tanto, actualmente existe una coyuntura mundial para que México se inicie en la producción de biocombustibles, y específicamente en etanol.

La alta demanda de etanol anhidro y las perspectivas de crecimiento mundial del mismo, nos hace pensar que México debe iniciar la integración de esta cadena productiva. Pero debe de actuar con sumo cuidado, procurando no crear una problemática mayor a la que pretende solucionar.

No se debe de olvidar nuestra realidad y las condiciones productivas y sociales diferentes que tenemos, respecto a la economía de Brasil y Estados Unidos, principales productores de etanol. México es un exportador neto de energía primaria y un importador neto de energía secundaria. Brasil, por su parte, tiene una autosuficiencia energética, y es un exportador neto de la materia prima que utilizan para producir etanol (caña de azúcar). Estados Unidos es un importador

neto de energía primaria (petróleo) y un exportador neto de energía secundaria; pero, además, es un exportador neto de la materia prima que utiliza para producir etanol (maíz). Entonces, tanto Brasil como Estados Unidos, están produciendo etanol a partir de un cultivo agrícola del que son superavitarios.

Como México es deficitario en la producción de maíz, estratégicamente no sería conveniente que produjera etanol a partir de esta gramínea. Además, habría que recordar que el maíz, hasta culturalmente, es un cultivo arraigado a los mexicanos (tortilla), lo que lo hace un producto hipersensible socialmente.

Entonces, **¿cuál es la alternativa para México en materia de etanol?** Por toda la información encontrada en la presente investigación, se puede afirmar que México debe aprovechar la coyuntura actual de producción de etanol, pero que debe hacerlo a partir de caña de azúcar y otros cultivos energéticos, diferentes al maíz. El destino potencial del etanol producido, debe utilizarse, en un primer momento, para oxigenar las gasolinas y, en un segundo momento, para mezclarlo con las gasolinas de consumo directo en el transporte. Los datos sobre oferta, costos de producción, demanda, precio y proceso de introducción de biocombustibles, en México, fueron ampliamente expuestos en el capítulo dos.

Pero además de producir etanol con la tecnología tradicional y bajo los métodos ya conocidos, México debe poner todo su empeño para iniciar, en el corto plazo, la producción de etanol con tecnología de segunda y tercera generación, utilizando cultivos energéticos y desechos animales y vegetales no comestibles por el hombre.

En diferentes partes del mundo (Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, Brasil, entre otros) se encuentran en desarrollo tecnologías que revolucionarán la producción de etanol. En esa corriente debe insertarse México.

Para ello, requiere promover políticas públicas específicas, que incidan en la consolidación de una infraestructura física y humana que realmente acorten la curva de aprendizaje en la producción del etanol.

En ese sentido, se deberá promover la constitución de un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo de los Biocombustibles (BIOMÉXICO), cuyo objetivo sería integrar todo el conocimiento científico y tecnológico, así como coordinar todas las iniciativas de desarrollo e introducción de los biocombustibles en México.

Desde este centro, se deberá crear una red nacional de investigadores sobre biocombustibles, tomando en cuenta todas las aristas e implicaciones económicas, ambientales y sociales que tiene el tema.

Este centro deberá ser coordinado por las instituciones académicas del país, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), y demás organismos nacionales de investigación, con la respectiva participación de las universidades y organismos estatales, que por la región e interés deban estar representados. También, deberán participar todos los organismos y redes previamente constituidas, así como las empresas que están desarrollando materiales e insumos propios de la actividad.

A partir del 2009, y con los resultados de la prueba piloto que está realizando la SENER en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, se deberá diseñar un plan nacional integrador, que defina una política pública de mediano y largo plazo, que contemple una estrategia agresiva en materia de investigación y desarrollo

tecnológico, acompañada de acciones específicas de financiamiento y ordenamiento agroindustrial.

V.5 CONCLUSIÓN

El etanol para uso combustible es una actividad nueva en México. La integración de la cadena productiva del etanol precisa de grandes retos y de políticas públicas de promoción y apoyo.

La investigación realizada sobre el etanol en México, nos revela que esta industria tiene sus ventajas, pero también sus desventajas. Para introducir el etanol se requiere valorar en justa dimensión todas las posibilidades en tiempo y forma. Equivocarnos tendría altos costos económicos, ambientales y sociales.

Por el lado de los elementos que se encuentran a favor de la producción de etanol en México, está la disminución de la dependencia del petróleo y sus derivados; la menor contribución al calentamiento global, al disminuir la generación de GEI; y la reactivación de las zonas rurales marginadas.

Por el lado de los elementos en contra de la producción de etanol, está el hecho de que México es exportador neto de energía primaria, principalmente petróleo; contribuye poco a la emisión de GEI (está en el anexo B: países poco contaminantes, del protocolo de Kyoto); y la reactivación de las zonas rurales marginadas se puede hacer con mayores apoyos y políticas mejor dirigidas. Además, se aduce que la producción de etanol a partir de maíz, sería un craso error, ya que somos deficitarios en la producción de este grano, y esa decisión aumentaría la escasez, lo que elevaría inevitablemente los precios. El anterior

efecto pudiera trasladarse al resto de la economía vía precios, generando una escalada inflacionaria.

Dada la composición del consumo en México, el incremento de la canasta básica tiene una mayor ponderación en las clases marginas del país, por lo que los aumentos de precios impactan de manera dispereja a la población. Los más afectados serían los más pobres del país.

Tomando en cuenta las restricciones económicas, técnicas y ambientales, se concluye que México debe aprovechar la coyuntura actual de producción de etanol, pero que debe hacerlo a partir de caña de azúcar y otros cultivos energéticos, diferentes al maíz.

Más que producir etanol con la tecnología tradicional y bajo los métodos ya conocidos, México debe insertarse en una nueva corriente tecnológica, que le permita avanzar hacia el etanol de segunda y tercera generación. Este etanol se produce a partir de biomasa lignocelulósica, usando avanzados procesos para su transformación y utilizando como insumos cultivos energéticos y desechos animales y vegetales, todos no comestibles para los humanos.

Producir etanol con los métodos tradicionales, y a partir de los cultivos ya conocidos, implica fuertes presiones sobre el uso de la tierra y el agua, lo que desembocará, necesariamente, en una recomposición de estos factores.

En el caso del agua, es conocido que se requieren grandes volúmenes para la producción de los cultivos agrícolas, que servirán de insumo principal para los biocombustibles, esto sin contar el agua requerida en la fase de la industrialización, que no es poca, sobre todo en la producción de biodiesel.

El cuadro V.2 nos muestra la cantidad de litros de agua consumida en la agricultura, para la producción de un kilogramo de insumo, para la producción de etanol o biodiesel.

Cuadro V.2

LITROS DE AGUA CONSUMIDOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA POR Kg. DE MATERIA PRIMA PARA BIOCOMBUSTIBLES	
Materia prima	Litros de agua/Kg.
Soya	15,457
Girasol	11,687
Colza	5,203
Palma	3,393
Maíz	3,338
Caña de Azúcar	2,670

Nota: PCI etanol = 26.7 MJ/Kg.; PCI biodiesel = 37.7 MJ/Kg.
 Fuente: CEPAL, citado por Sarmiento, Rocío; "agricultura, agua y producción de biocombustibles"; energía a debate (revista); año 5, tomo V, No. 28; septiembre-octubre de 2008.

Haciendo las conversiones respectivas y suponiendo que los rendimientos industriales de etanol son de 400 litros por tonelada de maíz y 80 litros por tonelada de caña de azúcar, tenemos que, para producir un litro de etanol a partir de maíz, se necesitan 8 mil 345 litros de agua; para hacerlo a partir de caña se requieren 33 mil 375 litros de agua. O sea, una conversión de 8,345 a 1 para maíz y de 33,375 a 1 en el caso de caña. Por supuesto, no hay que olvidar que los rendimientos por hectárea (nacionales anuales promedio) para el maíz son de 3 toneladas, mientras para la caña son de 77 toneladas por hectárea, y que somos deficitarios en maíz y autosuficientes en caña.

En este sentido, “el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo asegura que para el 2050 se duplicará la demanda actual de agua para la agricultura. Asimismo, se necesitarán grandes superficies de siembra para el desarrollo del etanol y biodiesel, que se convertirán en un problema para las generaciones venideras. Advierte, asimismo, que los costos económicos, sociales y ambientales, por la producción de biocombustibles, pueden ser muy elevados, principalmente para los países pobres y con escasez de agua, con muy pocos beneficios en cuanto a disminuir la dependencia a los combustibles fósiles”.⁵⁶

Desde esta perspectiva, producir biocombustibles en México requiere hacer un balance muy serio sobre la conveniencia, no sólo económica y empresarial, de producir etanol y biodiesel, ya que el costo-beneficio social y ambiental tiene un peso demasiado grande en el devenir y de las futuras generaciones.

⁵⁶ Sarmiento T., Rocío; “agricultura, agua y producción de biocombustibles”; *energía a debate* (revista); año 5, tomo V, No. 28; septiembre-octubre de 2008; P. 57.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

Los pobres resultados de México en materia petrolera, la crisis mundial energética y el calentamiento global, obliga repensar la política energética de nuestro país. México es hoy una economía más abierta y dependiente del sector externo. Mantiene más de 33 tratados comerciales con distintas economías del mundo, y su estructura arancelaria y no arancelaria es, radicalmente, distinta a la de hace dos décadas.

En este contexto, tenemos una balanza comercial deficitaria que se financia anualmente con el superávit de la balanza de capitales. Las remesas familiares, provenientes principalmente de Estados Unidos, y los ingresos externo por concepto de exportaciones petroleras, contribuyen consistentemente al desarrollo de México, estimándose una participación de ambos renglones en más del 2.5% en el Producto Interno Bruto (PIB).

Pero ese fortalecimiento del sector externo ha venido acompañado de un mayor riesgo y vulnerabilidad a los acontecimientos internacionales. Los ciclos económicos de nuestro principal socio comercial, Estados Unidos, impactan la economía mexicana, dado su nivel de integración y dependencia.

En el caso de la energía, México es un exportador neto de energía primaria, pero un importador neto de energía secundaria. Por ejemplo, en el 2006 México produjo 10 mil 619 petajoules (PJ) de energía primaria y consumió 7 mil 70 PJ, lo que generó un superávit de 3 mil 548 PJ, mismos que exportó (33%, aproximadamente). En el caso de energía secundaria, México registra un saldo neto negativo de aproximadamente mil PJ.

Los productos que más importamos son gasolinas y gas natural. A julio de 2008, las importaciones de gasolina ascienden a 343 millones de barriles diarios, cifras anualizadas; mientras que, en el 2003, sólo eran de 55 millones de barriles diarios, un aumento de más de 500% en 6 años. Mientras, las importaciones de petroquímicos también han ido aumentando aceleradamente, el 2007 cerramos con un volumen de 270 mil toneladas, en tanto, en 2003, fueron de 95 mil toneladas; un incremento de más de 285%.

Por el lado de las exportaciones petroleras, éstas, por el contrario, han ido cayendo. A julio de 2008, las exportaciones de petróleo crudo fueron de 2.8 millones de barriles diarios, mientras que en el 2003 fueron de 3.4 millones de barriles diarios.

En un escenario de disminución de las exportaciones de petróleo crudo y un aumento de las importaciones de gasolinas, naftas y gas natural, el futuro energético se antoja complicado. Esto sin considerar la serie de problemas estructurales, de corrupción y de falta de inversión en refinerías y producción de derivados a nivel nacional.

Ante este panorama, pensar en la producción de energías alternativas, específicamente etanol, es una cuestión que debe valorarse con toda seriedad, analizando las ventajas y desventajas de hacerlo.

Alternativas y opiniones hay muchas, pero, en base a todo el material revisado en la presente investigación, podemos afirmar que México está en la coyuntura de iniciar el camino de la producción de etanol, aunque considerando las lecciones de otros países.

Producir etanol a partir de alimentos no parece ser la alternativa más aconsejable, sobre todo si el alimento a escoger es un producto en el que seamos deficitarios. Por ello, una de las conclusiones es que la introducción de etanol en México debe de hacerse a partir de la caña de azúcar, y a partir de ahí valorar otras alternativas que en conjunto disminuyan el riesgo energético; pero que no aumenten la dependencia del país de otros productos, especialmente si son alimentos de los mexicanos. Creemos que, ante un posible aumento del riesgo alimenticio, pocos argumentos sólidos pueden haber y pocas opiniones a favor del etanol sostenibles se pueden dar.

No está por demás decirlo, que tanto Brasil como Estados Unidos, producen etanol a partir de productos en los que son superavitarios, como la caña de azúcar y el maíz, respectivamente.

Además, los datos y elementos encontrados evidencian que los costos totales de producción de etanol son menores a partir de la caña de azúcar, continuando con la remolacha y posteriormente con el maíz; por lo tanto, habría que valorar bien las cosas en México, antes de decidir tal o cual alternativa.

Lo concluyente de esta investigación es que, con la tecnología existente y las condiciones productivas actuales, sí existe una coyuntura favorable para que México se inicie en la producción de etanol, pero que debe de hacerlo a partir de la caña de azúcar y no a partir del maíz.

Después de haber analizado las restricciones económicas, técnicas y ambientales, se concluye que los beneficios macroeconómicos de producir etanol a partir del maíz son marginales y que demandarían grandes subsidios, mismos que deberán restársele a otras ramas productivas de la economía.

Se analizó que producir etanol con tecnología de segunda y tercera generación, utilizando insumos no alimenticios y/o subproductos que hoy son desechos, sería una alternativa viable, que mejoraría la relación costo-beneficio y elevaría la viabilidad económica de esta actividad.

Sabemos que el etanol y el biodiesel se pueden producir con biomasa, que hoy se desperdicia o se subutiliza. Por ejemplo, el grano que se obtiene de una planta de maíz sólo representa el 5% de su masa total, quedando, por lo tanto, el 95% de biomasa sin utilizar o subutilizada.

Además, existe la posibilidad de producir biocombustibles a partir algas marinas, esquilmos agrícolas, tallos de árboles, sorgo dulce, residuos humanos, animales, etcétera, pero, para esto, se requiere una tecnología de segunda y tercera generación que basa su producción en biomasa lignocelulósica, que requiere un desdoblamiento de las enzimas.

En este sentido, se están desarrollando varias líneas de investigación para lograr efficientar la conversión de celulosa en biocombustibles líquidos. También, se está trabajando en un sistema de fermentación acelerada mediante enzimas, para producir etanol a partir de desechos como los residuos agrícolas, forestales, etcétera. Existen pruebas con procesos que utilizan el método de síntesis de Fischer-Tropsch (conocido como diesel FT), el objetivo es convertir biomasa de madera en biodiesel sintético.

En general, se están haciendo investigaciones y pruebas tanto en Canadá (etanol celulósico), Alemania (biodiesel sintético), Estados Unidos (etanol de algas marinas), y se está avanzando en la obtención de biodiesel hidrotérmico (mejorado) y biometano.

Es necesario reconocer que, al decidir Estados Unidos entrar de lleno en la producción de etanol a partir del maíz, ha empezado a generar una presión mundial sobre los precios de los granos y de alimentos correlacionados, como pollo, huevo, carne de bovino, leche, cerdo, entre otros, lo que podría desencadenar, junto con el aumento del precio del petróleo, un incremento generalizado de los precios de los alimentos en el mundo, con terribles consecuencias para los 6,500 millones de habitantes, sobre todo para las regiones más pobres, que son las más desprotegidas.

Estados Unidos produce, aproximadamente, 300 millones de toneladas de maíz al año, de las cuales exporta al resto del mundo, aproximadamente, 60. Sólo en el 2006, con sus 110 biorefinerías consumió 50 millones de toneladas, lo que ya se reflejó en el aumento de precios de los granos y otros alimentos. Además, se estima que para el 2009, con sus cerca de 200 plantas de etanol, Estados Unidos podría consumir 100 millones de toneladas, lo que inevitablemente continuará haciendo presión a la alza de los precios de granos, principalmente maíz y sorgo. También, este escenario llevará a Estados Unidos a transitar de un país exportador neto de maíz a un importador neto de ese tipo de grano, con terribles consecuencias en los países importadores netos, que son los que están en vías de desarrollo.

En el caso de México, se encuentra en una coyuntura crucial, ya que podría producir etanol, mismo que sería utilizado en un inicio como oxigenante de gasolinas, sustituyendo al MTBE y TAME y, posteriormente, combinarlo en las gasolinas en el uso común.

Por la experiencia internacional de Estados Unidos y Brasil, es recomendable que México, en el corto plazo, produzca etanol a partir de la caña de azúcar, ya que aparte de tener menos costos, aun con los problemas de baja productividad, somos deficitarios en maíz. Produciendo etanol de maíz, difícilmente podremos sostener exportaciones competitivas de este biocombustible hacia los Estados Unidos; en cambio, hacerlo a partir de la caña de azúcar, en la cual somos relativamente superavitarios, la ventaja competitiva la podremos mantener en el largo plazo.

En el mediano plazo, México tendría que avanzar en los estudios y adaptación de nuevas tecnologías, que le permitan producir bioenergía a partir de biomasa diferente a los granos y caña de azúcar, como es la celulosa, residuos animales y cultivos energéticos. México debe insertarse en esta corriente mundial por desarrollar y producir bioenergía, aprovechando la ventaja estratégica de cercanía que tenemos con el mercado más grande del mundo, Estados Unidos, y que además será un país importador neto de etanol y biodiesel en el corto plazo.

Hay que ser enfáticos, en México se requiere destinar mayores recursos a la investigación y desarrollo en todos los eslabones de la cadena productiva del etanol.

En la parte de insumos, se necesita destinar mayores apoyos al desarrollo de variedades y formas de producción, tanto de caña de azúcar, maíz, jatropha, higuera, sorgo dulce, papas, algas marinas, desechos humanos y de animales y, en general, cualquier cultivo y/o producto energético.

Para ello, requiere promover políticas públicas específicas, que incidan en la consolidación de una infraestructura física y humana, que realmente acorten la curva de aprendizaje en la producción del etanol.

En ese sentido, se deberá promover la constitución de un Centro Nacional de Investigación y Desarrollo de los Biocombustibles (BIOMÉXICO), cuyo objetivo sería integrar todo el conocimiento científico y tecnológico, así como coordinar todas las iniciativas de desarrollo e introducción de los biocombustibles en México. Desde este centro, se deberá crear una red nacional de investigadores sobre biocombustibles, tomando en cuenta todas las aristas e implicaciones económicas, ambientales y sociales que tiene el tema.

Este centro deberá ser coordinado por las instituciones académicas del país, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), y demás organismos nacionales de investigación, con la respectiva participación de las universidades y organismos estatales, que por la región e interés deban estar representados. También, deberán participar todos los organismos y redes previamente constituidas, así como las empresas que están desarrollando materiales e insumos propios de la actividad.

A partir del 2009, y con los resultados de la prueba piloto que está realizando la SENER en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, se deberá diseñar un plan nacional integrador que defina una política pública de mediano y largo plazo, que contemple una estrategia agresiva en materia de investigación y desarrollo tecnológico, acompañada de acciones específicas de financiamiento y ordenamiento agroindustrial.

También, se deberán apoyar los distintos proyectos e iniciativas que se están llevando a cabo en los centros nacionales y locales de investigación, sobre todo en aquellos casos donde haya posibilidad de desarrollar la cadena productiva del etanol, como los estados de Chiapas, Jalisco, Durango, Sinaloa, Chihuahua, entre otros.

Se deberá promover que los diferentes estados constituyan instancias de promoción y coordinación que tenga como objetivo integrar la cadena productiva en sus respectivos lugares, tomando en cuenta los avances que tienen los estados de Chiapas y Jalisco.

Por el lado de la Industria, se deberá promover proyectos integrales, donde se incorporen la participación en la estructura de propiedad a los productores del campo. Al respecto, sería bueno investigar la operación de las cooperativas cañeras en Brasil, que han funcionado con bastante éxito.

Por el lado del recurso humano, se deberá de enviar investigadores al extranjero, a las diferentes partes del mundo, como Brasil, Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, Tailandia, China, India, Australia y Sudáfrica: el objetivo es que se preparen y conozcan de primera mano el desarrollo tecnológico, sobre todo el de segunda y tercera generación.

Se estima que, en un tiempo moderado, las nuevas tecnologías permitirán elevar la productividad y bajar los costos, ya que se podrá producir etanol a partir de materiales que hoy no se utilizan y que no son alimento humano.

Concluyendo, México debe aprovechar la coyuntura para iniciar la producción de biocombustibles, pero debe hacerlo con sumo cuidado, dado que se trata de una actividad económica que compite con los alimentos y que tiene serias

implicaciones sobre el uso del agua, la tierra, los bosques; que las bondades ambientales son seriamente cuestionadas y, en algunos casos, hasta contraproducentes. No obstante, México debe de entrar en la ruta de los biocombustibles, pero debe hacerlo empezando por el eslabón de la investigación y desarrollo tecnológico y no a la inversa.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar González, Jorge L. “Combustibles alternos, opciones para México”, *revista Energía a Debate*, tomo IV, núm. 20, mayo-junio (2007).

Aguilera Gómez, Manuel, “El calentamiento de la tierra: Un desafío para la supervivencia”, revista *El Economista Mexicano*, Economía, desarrollo y medio ambiente, Núm. 18, abril (2007).

Amador Villalpando, Octavio A., “Biocombustibles: una mirada a la coyuntura de 2007”, revista *Economía Informa*, Facultad de Economía de la UNAM, vol. 350, enero-febrero de 2008.

Andrade Iturribarría, E., “Etanol: ¿algo más que una moda?”, *Energía a Debate*, tomo IV, núm.20, mayo-junio (2007).

_____, “El etanol en el contexto”, *revista Energía a Debate*, tomo IV, núm. 19, marzo-abril (2007).

Arzate, Esther, “México, rezagado en producción de etanol en gasolinas”, *El Financiero*, Pág. 14, 14 de julio de 2008.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Agencia de Cooperación Alemana (ATZ) y Secretaría de Energía (SENER); “Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México”, noviembre de 2006.

Banco Mundial, “Biocombustibles: las promesas y los riesgos”, Informe sobre el Desarrollo Mundial 2008.

Brabeck Letmatche, Peter, “Biofuels are indefensible in our world”, *the Wall Street Journal, opinion journal*, june (2008)

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2005, “Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar”.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2008, “Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos”.

Centro Mario Molina, “Los biocombustibles en México”, consultado en junio de 2008, www.centromariomolina.org, México D.F.

Colín, Marvella, “Cultivo de biocombustibles en aumento, de la mano el alza en petroprecios”, *El Financiero*, Pág. 5, 18 de agosto de 2008.

Coyle, William, "The future of biofuels a global perspective", *Ambers Waves, the economics of food, farming, natural resources, and rural America*, November (2007).

Chávez Maya, Héctor, "Pide SAGARPA cautela en materia de biocombustibles", *El Financiero*, 10 de diciembre de 2007. (Entrevista realizada al Coordinador de Asuntos Internacionales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Víctor Villalobos).

De la Madrid Cordero, E., "El reto de la alimentación mundial frente a los combustibles", *Agro XXI*, Pág. 17, 28 de enero de 2008.

De Regil, Miriam, "No se ven las acciones para frenar el cambio climático", *El Financiero*, Pág. 36, 12 de diciembre de 2007.

Domínguez Domínguez, E. y otros, "Efectos de la quema de la caña de azúcar en la materia orgánica y el nitrógeno del suelo", consultado en junio de 2008, http://www.colpos.mx/cveracruz/submenu_publico/avances2000/quema_de_cana_azucar.html

El Financiero, UNESCO, (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), "La inestabilidad social por la crisis alimentaria, alerta ONU", *El Financiero*, Pág. 29, 16 de abril de 2008.

_____, “Alerta de ONU por crisis alimentaria”, Pág. 23, 15 de abril de 2008.

_____, “Choque en Bali por emisiones contaminantes”, Pág. 30, 5 de diciembre de 2007.

_____, Unión Europea (UE), “Avanza acuerdo energético UE-Irak”, 17 de abril de 2008.

Fernández Bremauntz, Adrián, “Externalidades asociadas a la producción y uso del bioetanol”, seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México”, 14 de mayo de 2007, México D. F.

Flores, Milagros, “La planta de etanol Biocyclos no podrá operar con maíz”, *El Debate, Portafolio*, Pág. 5, 11 de agosto de 2008. (Entrevista realizada a Francisco Labastida Ochoa, Presidente de la Comisión de Energía del Senado de la República).

Gaceta-UNAM, “Nueva aleación para construir celdas de combustibles de hidrógeno”, 4 de agosto de 2008.

García Páez, Benjamín, “Precios de materias primas y crecimiento económico”, documento de trabajo, México D. F. (Profesor de la División de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM).

Garver, Frederick B.; Hansen, Alvin H.; "Principios de Economía", 3ª. Edición; Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid, España, 1960.

Gaviño, Rubén, "Bienestar y medio ambiente", *Gaceta-UNAM, Instituto de Química*, 4 de agosto de 2008.

Hirata, Flavio, "Liderazgo brasileño, producción de biocombustibles a nivel mundial", *revista Productores de Hortalizas, año 17, No. 1, enero de 2008*.

Jardón, Eduardo, "Menos biocombustibles y más alimentos", *El Financiero*, Pág. 4, 8 de julio de 2008.

Jimlar, Javier, "Etanol: oxígeno a la gasolina o a los productos de caña", *revista Pensar, numero 6, octubre-noviembre (2006)*.

K. Bourne, J. "Sueños verdes: fabricar combustible de productos agrícolas puede ser bueno para el planeta tras un par de avances", *revista National Geographic en Español, octubre (2007)*.

Kodjak, Drew, "Regulación y certificación de biocombustibles en el mundo", *seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, mayo de 2007, México D.F.*

Kojima, Masami, "Workshop on renewable energy and energy efficiency", 28 August 2006, Bangkok.

Krugman, Paul, "A country is not a corporation", *Harvard Business Review*, January-February, (1996).

Labastida Ochoa, Francisco, "Energía y alimentos"; seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, 14 de mayo de 2007, México D.F.

López, Alma, "Exportará México etanol en 2008", *El Financiero*, 5 de diciembre de 2007.

López, Patricia, "Obtienen gasolina de bolsas plásticas", *El Debate*, Pág. 22, 13 de septiembre de 2007.

Maddison, Angus (1986), *Las Fases del Desarrollo Capitalista. Una Historia Económica Cuantitativa*, 1ra. Ed. Colegio de México/Fondo de la Cultura Económica, México D. F.

_____, "Avances y retrocesos en las economías capitalistas evolucionadas: técnicas de evaluación cuantitativa", revista *Comercio Exterior*, vol. 38, núm. 6, junio (1998).

_____, "Growth Accounts, Technological change, and the role of energy in western growth ", *Economia y Energia, Secc. XIII-XVIII*, Istituto Internazionale di storia economica "F. Datini" Prato, Le Monnier, Florence, Italia, April de 2003.

Massuttier Morales, Arturo, "Evolución de los motores a diesel", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, 14 de mayo de 2007, México D.F.

Mata Sandoval, Juan, "Eficiencia energética y costos económicos de la producción de biocombustibles", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, mayo de 2007, México D. F.

Mena Brito, Carlos, "Implicaciones ambientales de la producción y el uso de biocombustibles", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, 14 de mayo de 2007, México D. F.

Moysen, Gabriel, "Después de Kyoto ¿Un grupo ambiental de vanguardia?" *El Financiero*, 26 de noviembre de 2007.

Newell, Roberto, "Biocombustibles: impacto en las cadenas agroalimentarias", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, mayo de 2007, México D. F.

Noroeste (periódico), “se acelera el cambio climático; ven record en gases de invernadero” (reporte de la ONU), P. 12; 24 noviembre de 2007.

_____, “Cambio climático: evalúa Reino Unido y México impacto”, 8 de diciembre de 2008.

_____, “Carece de tecnología México para el etanol”, 16 de agosto de 2007.

_____, “Niega China reducir los gases nocivos”, Pág. 13, 8 de diciembre de 2008.

OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), “OECD-FAO Agricultural Outlook 2008-2017”, report 2008.

Opalín, León, “Política Energética de largo plazo”, *El Financiero*, 8 de septiembre (2008)

Palazuelos, E. y Machín, A., “Ruidos y silencios de la política energética de Estados Unidos”, *Economía UNAM*, Vol. 5, Núm. 14, mayo-agosto (2008).

PEMEX, “Cambios a la infraestructura y operaciones de PEMEX Refinación para formular gasolina con etanol”, seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México, 14 de mayo de 2007, México D. F.

Penne Rob y Knook Klaas editores, *Ethanol Statistics: Monthly Review*, (varios números 2008), www.ethanolstatistics.com

Peralta, Leonardo, "La iniciativa Dharma: En los campos de maíz de Sinaloa madura un biocombustible mexicano", revista *Expansión*, Núm. 994, julio (2008).

Posadas Swafford, Ángela, "Hecho polvo", revista *Muy interesante*, mayo (2006).

Ramírez López, Heladio, "Granos básicos y combustibles para el campo", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México", 14 de mayo de 2007, México D. F.

Rivera Cota, Ismael, "ITESM lanza proyectos en agrobionegocios", *El Debate, Portafolio*, 3 de febrero de 2008.

_____, "Biocombustibles deben subsidiarse", *El Debate, Portafolio*, 2 de febrero de 2008.

Robles, Arturo, "Creciente dependencia del exterior en granos básicos", *El Financiero* Pág. 10; 22 de abril de 2008.

_____, "Alcanza granos básicos el mayor precio en 30 años", *El Financiero*, Pág. 7; 17 de abril de 2008.

Robles, Gonzalo, "La industria de México y la conservación de sus recursos", revista *Comercio Exterior*, Vol. 5, México, agosto (2000).

Rockefeller Foundation Bellagio Study and Conference Center; "A Sustainable Biofuels Consensus"; Bellagio, Italy, 24-28 March 2008.

Romero, Laura, "Obtienen etanol de bacterias y residuos agroindustriales", *Gaceta UNAM*, 31 de julio de 2008.

Secretaría de Energía, 2006, *Prospectivas de Petrolíferos 2006-2015*, 1ra. ed., México D. F.

_____, 2006, "Energía Renovables para el Desarrollo Sustentable en México".

_____, 2008, "Programa de Introducción de Bioenergéticos".

_____, 2007, *Prospectivas de Petrolíferos 2007-2016*, 1ra. ed., México D. F.

_____, 2008, *Prospectivas de Petrolíferos 2008-2017*, 1ra. ed., México D. F.

_____, 2007, "Programa Sectorial de Energía 2007-2012".

SAGARPA, (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación), 2008, “Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y Desarrollo Científico y Tecnológico”.

_____, 2001, “Ley de Desarrollo Rural Sustentable”, Diario Oficial de la Federación, segunda edición, Pág. 41 México D.F.

SAGARPA, SENER, SE, SEMARNAT, SHCP, 2008, “Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos”.

Sarmiento Torres, Rocío; “Agricultura, agua, y producción de biocombustibles”; energía a debate (revista); año 5, tomo V, septiembre-octubre de 2008.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), “Perspectivas del maíz en México, 1996-2012”; 2007.

Siller Cepeda, Jorge, “Cambio climático global”, revista *Agricultura CAADES*, Núm. 17, septiembre (2007).

Torres Cruz, Isaac, “Etanol, poco sustentable en México e igual de contaminante que la gasolina”, *La crónica*, 19 de mayo de 2007. (Entrevista realizada a Rodolfo Lacy, investigador del Centro Mario Molina).

Trejo García, Elma, “Estudio de Derecho Comparado y Marco Jurídico Internacional Sober Biocombustibles/Bioenergéticos”, Cámara de Diputados, LX Legislatura, Abril de 2007.

Trindade, Sergio C., “Factores determinantes para el desarrollo de biocombustibles en Brasil y EEUU y sus implicaciones para México”, seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México”, 14 de mayo de 2007, México D.F.

Vargas Suárez, R., y Dávalos López, Juan, “La diplomacia del etanol”, revista *Energía a Debate*, tomo IV, núm. 20, mayo-junio (2007).

Vázquez Tercero, H., “Tsunami silencioso”, *El Financiero*, Pág. 31; 14 de julio de 2008.

ÍNDICE DE GRÁFICAS, CUADROS, DIAGRAMAS Y MAPAS

GRAFICAS

I.1 Campos gigantes encontrados	12
I.2 México: producción petrolera de Cantarell	13
I.3 Evolución en la vida productiva de Cantarell	15
I.4 Producción mundial de etanol, 1975-2012	16
II.1 Costos de producción de etanol en México	49
II.2 Estructura de costos de la producción de etanol	50
II.3 Productividad industrial de etanol (litros/tolenadas)	53
II.4 Productividad industrial de etanol (litros/hectáreas)	53
II.5 México: ventas internas de gasolinas	56
II.6 México: tasa de crecimiento de las ventas internas de gasolinas	56
II.7 México: tasas de crecimiento de las ventas internas de gasolinas	57
II.8 Estructura de costos de la producción de etanol	108
II.9 Productividad industrial de etanol (litros/hectáreas)	109
IV.1 Precio internacional del etanol, 2002-2018	135
IV.2 El etanol en el mundo, 2005-2017	138
IV.3 El etanol en Brasil, 2005-2017	144
IV.4 Producción mundial de etanol	147
IV.5 El etanol en Estados Unidos, 2005-2017	152
IV.6 Producción mundial de biodiesel	155
IV.7 El etanol en la Unión Europea, 2005-2017	156
IV.8 El etanol en Canadá, 2005-2017	159

A5.1 Por qué aumenta la temperatura del planeta	255
A5.2 Desastres naturales en América Latina y el Caribe, 1990-2005	258

CUADROS

I.1 Diez principales campos petroleros gigantes en el mundo	11
I.2 Producción mundial de etanol, 2005-2008	17
II.1 Oferta de energía renovables y no renovables, 2004	37
II.2 Materias primas para producir biocombustibles	38
II.3 México: Producción de energía primaria	42
II.4 México: comercio exterior de energía primaria, 2004	43
II.5 México: comercio exterior de energía secundaria, 2004	43
II.6 Producción de etanol en México y capacidad instalada	44
II.7 Capacidad instalada de MTBE y TAME en México	47
II.8 Costos de producción de etanol en México	49
II.9 Demanda de etanol en México para el 2010	58
II.10 Precios internacionales del etanol, 2002-2018	60
II.11 Precios de indiferencia para el industrial (caña) y consumidor	65
II.12 Producción de bioenergéticos en México: retos para el 2012	90
II.13 Retos de PEMEX para la introducción de etanol en las gasolinas	103
II.14 Costos de producción de etanol, por cultivo, en México	107
II.15 Demanda de etanol en México para el 2010	111
II.16 Precios Internacionales del Etanol, 2002-2018	112
III.1 Determinantes del potencial de producción en 6 épocas económicas	120
III.2 Ingreso per cápita y población mundial, 0-1998	123
	211

III.3 Oferta mundial de energía primaria, 1820-1998	125
III.4 Consumo per cápita de energía primaria, 1820-1998	126
IV.1 Producción de etanol y tasa de crecimiento, 2008-2017	137
IV.2 Estados Unidos: oferta y demanda de etanol	148
IV.3 Costos de producción de etanol por producto	151
IV.4 Países con poco volumen de etanol, pero con altas tasas de crecimiento en su producción, 2008-2017	162
V.1 Concentración de GEI que provoca el calentamiento global	174
V.2 Litros de agua consumidos en la producción agrícola por Kg. de materia prima para biocombustibles	187
A1.1 Propiedades Físicas, Químicas y Termoquímicas del Etanol	217
A5.1 Todo lo que vuela	259

DIAGRAMAS

II.1 Procesos de conversión termoquímica y bioq. para obtener energía	39
II.2 Zona económica en la que se produce etanol	65
II.3 Proceso de mezclado de gasolina y etanol	93
IV.1 Etanol de caña de azúcar en Brasil	145
IV.2 Etanol de maíz en Estados Unidos	153
A1.1 Procesos para la obtención de biocombustibles	220
A1.2 Cadena productiva del Etanol	221

MAPAS

II.1 Cultivos energéticos en México	94
IV.1 Plantas productoras de etanol en Estados Unidos	150

ÍNDICE DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

BID: Banco Interamericano de Desarrollo.

BM: Banco Mundial.

BPCE: Barriles de Petróleo Crudo Equivalente.

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y El Caribe.

CFC: Clorofluorocarbonos.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

CH4: Metano.

CICTCAÑA: Centro de Investigación Científica y Tecnológica de la Caña de Azúcar.

CNUCED: Conferencia de Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.

CO2: Dióxido de Carbono.

DDGS: Grano Seco, Destilado y Soluble (nucleo de maíz menos el almidón).

E.U.: Estados Unidos de América.

E10: Gasolina con el 10% de etanol

E85: Gasolina con el 85% de etanol

ETBE: Etil Terbutil Éter

FAO: Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas
(por su siglas en inglés).

FIRCO: Fideicomiso de Riesgo Compartido.

FMI: Fondo Monetario Internacional.

GEG: Galones Equivalentes de Gasolina.

GEI: Gases Efecto Invernadero.

GTZ: Agencia de Cooperación Técnica Alemana.

HFCs: Hidrofluorocarbonos.

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

IPCC: Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático.

IPN: Instituto Politécnico Nacional.

KMZ: Ku-Mallob-Zaap.

MDL: Mecanismo para un Desarrollo Limpio.

MTBE: Metil Terbutil Éter.

N₂O: Óxido Nitroso.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

OECD: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (por su siglas en inglés).

OMC: Organización Mundial de Comercio.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OPEP: Organización de Países Exportadores de Petróleo.

PADE: Paquete de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro.

PEMEX: Petróleos Mexicanos.

PFCs: Perfluorocarbonos.

PIB: Producto Interno Bruto.

PIE: Precio de Indiferencia del Etanol.

PJ: Petajoules.

ppm: Partes por millón.

PROINBIOS: Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico.

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.

TAAE: Teramil Etil Éter

TAME: Teramil Metil Éter

TAR: Terminales de Almacenamiento y Reparto.

TEP: Toneladas Equivalentes de Petróleo.

TLCAN: Tratado de Libre de Comercio de América del Norte.

U.E.: Unión Europea.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

USD/hl: Dólares americanos por hectólitro

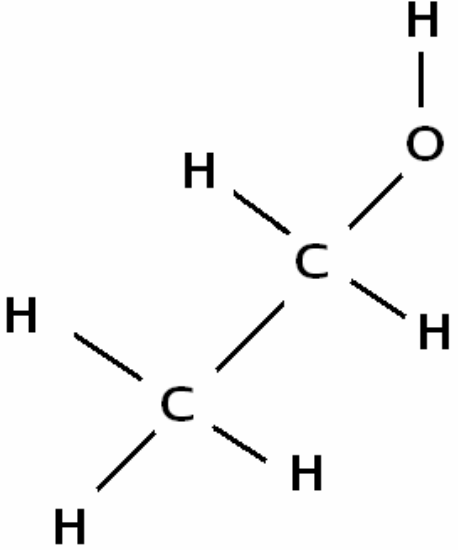
APÉNDICES

APÉNDICE 1

LA FÓRMULA Y PROPIEDADES DEL ETANOL

El alcohol etílico o etanol, cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, puede obtenerse a través de dos procesos de elaboración: la fermentación o descomposición de las azúcares contenidas en la biomasa, y la destilación, consistente en la depuración de las bebidas fermentadas. Las propiedades físicas, químicas y termoquímicas del etanol son las siguientes:

Cuadro A1.1

PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y TERMOQUÍMICAS DEL ETANOL	
	
General	
Nomenclatura IUPAC	n/d
Fórmula semidesarrollada	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$
Fórmula estructural	Ver imagen
Fórmula molecular	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Número CAS	64-17-5
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Líquido

Apariencia	Incoloro
Densidad	810 kg/m ³ , (0,810 g/cm ³)
Masa molecular	46,07 uma
Punto de fusión	158,9 K (-114,1 °C)
Punto de ebullición	351,6 K (78,6 °C)
Temperatura crítica	514 K (241 °C)
Presión crítica	63 atm.
Propiedades químicas	
Acidez (pK _a)	15,9
Solubilidad en agua	Miscible
KPS	n/d
Momento dipolar	n/d
Termoquímica	
$\Delta_f H^0_{\text{gas}}$	-235.3 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{líquido}}$	-277.6 kJ/mol
$S^0_{\text{líquido, 1 bar}}$	161.21 j mol ⁻¹ K ⁻¹
Valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario.	

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol>. (30 de junio de 2008)

El etanol es un producto químico, orgánico y sintético utilizado por las personas, también uno de los más antiguos e importantes. Sus principales usos son industriales, domésticos y medicinales. La industria utiliza mucho el alcohol etílico como disolvente para barniz, perfumes y condimentos; como medio para reacciones químicas y para recristalizaciones.

También, es una materia prima significativa para la síntesis; su producción puede darse de dos maneras, fundamentalmente: se prepara alcohol etílico por

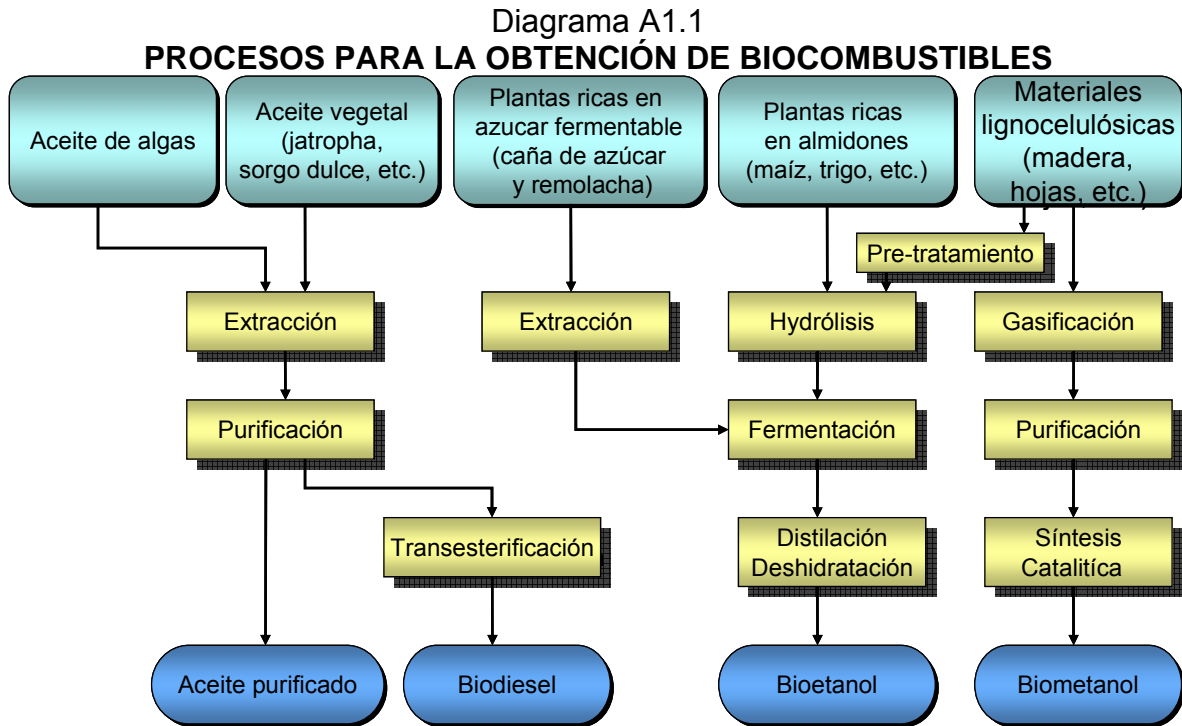
hidratación del etileno o bien por fermentación de melazas o almidón; por tanto, sus fuentes primarias es la caña de azúcar y varios granos.

El producto de alcohol etílico, regularmente, se encuentra en las bebidas alcohólicas. La preparación del alcohol, para el uso del consumo humano, es la fermentación de azúcar que se encuentra en los diferentes vegetales. El sabor de cada bebida no es debida al alcohol etílico, esto depende de otras sustancias agregadas durante su elaboración.

El alcohol etílico medicinal se clasifica como hipnótico (que produce sueño); es menos nocivo que otros alcoholes (el metanol, por ejemplo, es muy tóxico: tomarlo o respirarlo por períodos prolongados, o dejarlo por mucho tiempo en contacto con la piel, puede causar daños graves).

Como reactivo industrial, el alcohol etílico tiene un problema específico, en las industrias deben de utilizarlo, únicamente, de forma no bebible. Para resolver este problema, se le agrega un desnaturalizante como el metanol y la gasolina con alto octanaje.

De forma general, los biocombustibles se pueden obtener de varias fuentes, ricas en aceites, azúcares, almidones y lignocelulosa, entre otros tipos de biomásas. Se ha avanzado en el estudio y desarrollo de tecnología que, utilizando procesos como el de transesterificación, hidrólisis, fermentación, destilación, deshidratación, gasificación, purificación y síntesis catalítica, se obtienen los diferentes biocarburantes. Las opciones principales son las siguientes:



Fuente: Ducloux, C. ; Ecole Normale Superieure de Biotechnologie, mayo 2005; citado por Probst O.; Expo-Agro Sinaloa, febrero de 2008.

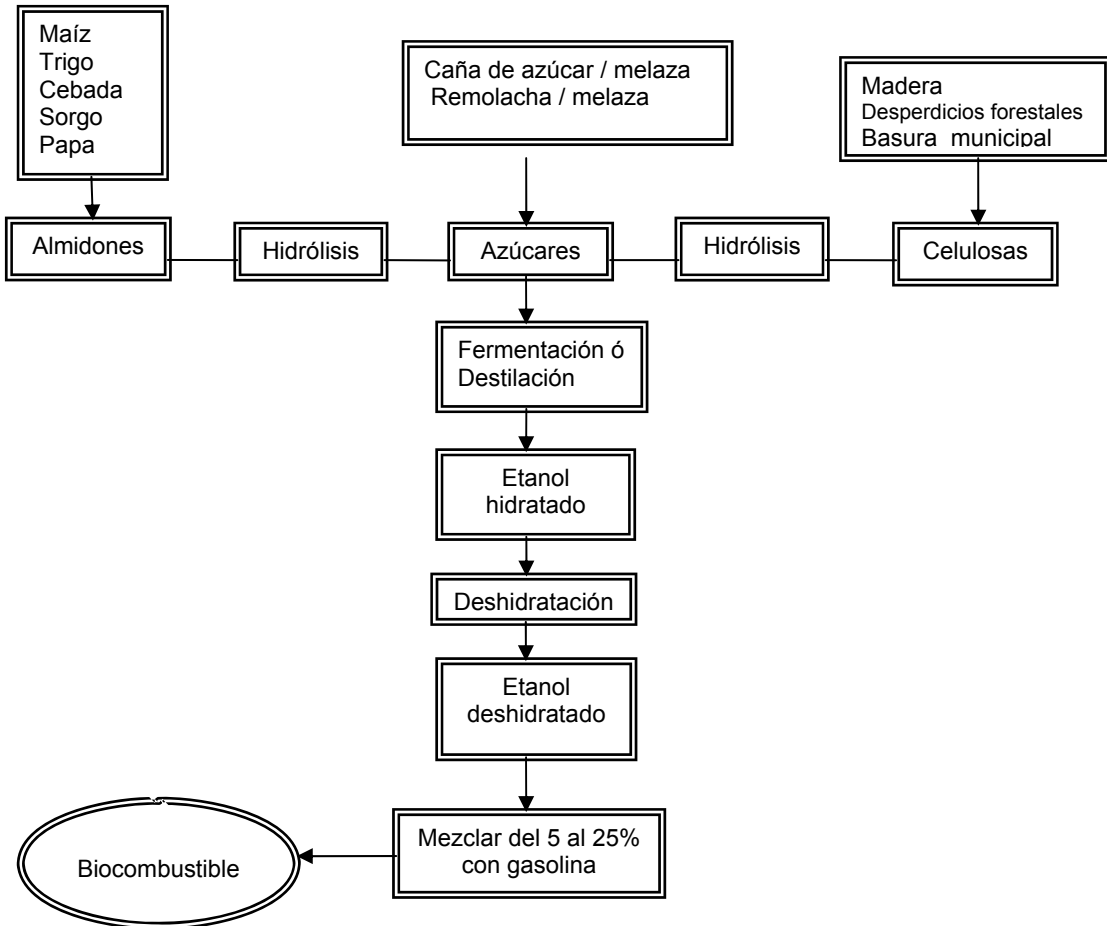
La producción del etanol carburante muestra que existe una gran diversidad de materias primas para su procesamiento. Una forma de entenderlo mejor es elaborando una sola cadena productiva del etanol. Representando que los azúcares que se requieren para obtener el etanol pueden provenir de productos que directamente lo contengan o de otras biomásas (granos, plantas, frutas, etcétera), que a través de procesos químicos (hidrólisis) se puedan convertir, tendríamos una clasificación de insumos de la siguiente manera:

- **Primer grupo:** maíz, trigo, cebada, sorgo y papa. Son productos agrícolas, de los cuales se consigue el almidón que, a partir de un proceso de hidrólisis, se convierte en azúcares.

- **Segundo grupo:** caña de azúcar y la remolacha, son transformadas en melaza y luego en azúcares.
- **Tercer grupo:** madera, desechos municipales y los desperdicios forestales, a partir de los cuales se obtienen las celulosas que siguen un proceso de hidrólisis para convertirse en azúcar.

Después de obtener los azúcares, sigue el proceso de fermentación o destilación, y se logra el etanol hidratado. El etanol carburante, se hace de un proceso de deshidratación. El alcohol deshidratado está listo para ser mezclado con la gasolina, y se puede hacer mezclas de 5% hasta 25%, según las normas de uso de cada país.

Diagrama A1.2
CADENA PRODUCTIVA DEL ETANOL



APÉNDICE 2

PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y EL MAÍZ

A. ETANOL PROVENIENTE DE LA CAÑA DE AZÚCAR⁵⁷

La caña de azúcar produce la sacarosa, que es el endulzante de alimentos y bebidas. De la fermentación de la caña de azúcar se producen otros derivados como etanol, butanol, glicerina, ácido cítrico y ácido levulínico.

La sacarosa se obtiene de los tallos gruesos de la caña de azúcar, que se separan de las hojas. En el ingenio se realiza el machacado y triturado entre rodillos dentados. Durante el triturado, se rocía con agua caliente para disolver cualquier azúcar restante. El material sólido y pulposo que queda después de realizada la extracción del jugo, el bagazo, se seca y se usa como combustible.

Al jugo extraído se le añade cal, y la mezcla se lleva a ebullición, durante este calentamiento los ácidos orgánicos indeseados forman con la cal compuestos insolubles, que se pueden filtrar junto con las demás impurezas sólidas. El jugo suele tratarse con dióxido de azufre gaseoso para blanquearlo, y luego se pasa por prensas filtrantes. El jugo resultante se evapora en un vacío parcial y se calienta hasta formar un jarabe espeso, que contiene los cristales de azúcar; a

⁵⁷ La bibliografía base para esta sección fue un documento de trabajo interno de la Asociación de Productores de Etanol en México, A. C.

éste se le llama masecuite, el cual se coloca en una centrífuga cuyas paredes están perforadas con pequeños agujeros, a través de los cuales, el jarabe o melaza, sale a presión. El azúcar amarillento o de color castaño extraído durante el proceso de centrifugación, se llama primer azúcar o azúcar en bruto. Después pasa a la refinería. La melaza se puede volver a hervir y evaporar en un intento de cristalizar el contenido de este líquido rico en sacarosa.

La melaza es un subproducto valioso para la industria azucarera, pues se usa en la fabricación de etanol, ron, o como jarabe de mesa. En la refinería, el azúcar en bruto se disuelve de nuevo, se decolora y se vuelve a cristalizar con el tamaño deseado para producir azúcar en polvo, granulado, en terrones, glass y azúcar morena, que contiene parte de melaza.

B. ETANOL PROVENIENTE DE MAÍZ

Al producir etanol, sólo se le quita al maíz el almidón. Su contenido de proteínas, grasas y otros nutrientes, quedan intactos en la pasta de maíz.

La industria del almidón en México utiliza 2.1 millones de toneladas de maíz amarillo, el 90 por ciento de este maíz es importado de Estados Unidos. De la producción del almidón se deriva el aceite de maíz, que corresponde al 3.5 por ciento al volumen total del maíz utilizado. Del almidón se obtiene la fructuosa en forma de jarabe de maíz, cuya densidad es de 45 al 60 por ciento, utilizada principalmente en la industria refresquera.

La industria de cereales, botanas y cervezas en México utiliza 500 mil toneladas de maíz, de las cuales 300 mil son de importación incluyendo grits o núcleo del grano de maíz, se vende de tamaño grande y casi hecho polvo. El primero se utiliza para producir hojuelas de maíz en la industria de cereales y, el que es casi polvo, en la industria de botanas y cervezas.

Del almidón también se extrae el etanol, que puede obtenerse por medio de un proceso de molienda seca o húmeda:

La molienda seca es un proceso de producción para extraer el almidón contenido en el maíz, utilizado en la extracción del etanol, este método es menos costoso que el húmedo. Los 8 pasos en la producción de etanol en la molienda seca son:

- 1. Molienda:** se limpia el grano (puede ser cebada, trigo o sorgo) y se muele en polvo fino, convirtiéndose en harina de maíz.
- 2. Licuefacción:** la harina de maíz se sopla en grandes tanques, donde se mezcla con agua y las enzimas (amilasa alfa) pasan a través de máquinas, donde se licua el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos, para mantenerla con un PH de 7. Se aplica calor en una primera etapa a temperaturas de 120° C a 150° C y luego a 95° C. Las altas temperaturas reducen los niveles de bacterias presentes en el puré o mosto.
- 3. Sacarificación:** el puré, después es refrescado— a una temperatura levemente debajo del punto de ebullición del agua- y se le agrega una enzima secundaria –glucoamilasa- para convertir las moléculas del almidón licuado en azúcares fermentables –dextrosa- mediante el proceso de

sacarificación. Las enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos.

- 4. Fermentación:** el etanol es producto de este proceso. Al puré se le agrega levadura para fermentar los azúcares –cada molécula de glucosa produce dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono- y con ello se obtiene el etanol y el anhídrido carbónico. Usando un proceso continuo, el puré fluirá a través de varios fermentadores, hasta que fermente completamente. En este proceso, el puré permanece cerca de 48 horas antes de que comience el proceso de destilación. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía que estaba originalmente en el azúcar, lo cual explica que el etanol sea un excelente combustible.
- 5. Destilación:** el puré fermentado, ahora llamado cerveza, contendrá alcohol –cerca del 15%- y agua –al 85%-, así como todos los sólidos no fermentables del maíz y de la levadura. El puré, entonces, será bombeado a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde la cerveza se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, será transferido de la base de la columna, para su procesamiento como subproducto.
- 6. Deshidratación:** el alcohol pasa a través de un sistema que le quita el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular, para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. Al alcohol puro, sin el agua, se le denomina alcohol anhidro.

- 7. Desnaturalizado:** el etanol, que será usado como combustible, se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano.
- 8. Subproductos:** se obtienen dos subproductos del proceso: el anhídrido carbónico y los granos destilados. El anhídrido carbónico (CO₂) se obtiene en grandes cantidades durante la fermentación. Muchas industrias lo recogen, lo limpian de cualquier alcohol residual, lo comprimen y lo venden para ser usado como gasificante de las bebidas o para congelar carne. Los granos destilados, húmedos y secos –DDGS–, que se obtienen del destilado, no son otra cosa que la proteína del maíz concentrado; para obtenerla se centrifugan los granos, a fin de separar los sólidos suspendidos y disueltos, antes de enviarlos a un sistema de secado, para reducir el contenido de agua a, aproximadamente, un 10 ó 12%. Por lo tanto, los DDGS contienen el núcleo del maíz menos el almidón. Además de que los DDGS enriquecen proteicamente los alimentos: ganado lechero (16%), de engorda (14%), pollo (21%) y gallina (18%). Otra ventaja es que los DDGS disminuyen los costos de producción de la industria pecuaria.

La Molienda húmeda es un proceso intensivo, en el cual las plantas procesan un gran volumen de granos, produciendo centenas de millones de litros de etanol por año. Esta operación de molienda es más compleja, porque el grano se debe separar en sus componentes, la ventaja es que se obtienen subproductos de mayor valor agregado. En la molienda húmeda, solamente el almidón se fermenta,

mientras que en la seca se fermenta el puré entero. Los 6 pasos en la producción de etanol en la molienda húmeda son:

- 1. Almacenamiento y limpieza.**
- 2. Maceración del grano de maíz:** se empapa el maíz en agua caliente, luego se retira el agua y los núcleos ablandados pasan a los molinos y a los separadores.
- 3. Molienda gruesa:** donde se separa el germen, extrayéndose de éste el aceite de maíz.
- 4. Molienda fina:** las piezas restantes almidón, gluten y fibras se muelen y se pasan a través de separadores, donde se retira la fibra, se separa el almidón y el gluten.
- 5. Separación:** luego se lava y se seca el almidón.
- 6. Hidrólisis del almidón:** puede ser usado como almidón o como dulcificantes: jarabe de maíz, maicenas o etanol.

APÉNDICE 3

A. ENTREVISTA CON EL SR. EDUARDO DE LA VEGA ECHAVARRÍA, PROPIETARIO DE LA PRIMER PLANTA DE ETANOL EN MÉXICO UBICADA EN EL MUNICIPIO DE NAVOLATO, SINALOA. EL NOMBRE DE LA EMPRESA, DESDE LA QUE SE PRODUCIRÁ ETANOL A BASE DE MAÍZ ES BIOCYCLOS. ESTE EMPRESARIO SINALOENSE TAMBIÉN ES PROPIETARIO DEL GRUPO ZUCARMEX, QUE POSEE VARIOS INGENIOS AZUCAREROS EN EL PAÍS.⁵⁸

Además del maíz, ¿considera producir etanol con caña de azúcar u otros productos?

La planta está diseñada para producir etanol, no solamente de maíz blanco, sino también amarillo, de sorgo dulce, sorgo común, trigo e incluso de caña de azúcar.

Al parecer, el gobierno federal le dará prioridad a la caña de azúcar, como la base para producir el etanol.

El secretario de agricultura ha hablado no sólo de la caña de azúcar, sino de la jatropha y las algas marinas. Volviendo a la caña de azúcar, lo primero que necesitamos es llegar a un acuerdo con los productores de caña, para que ésta sea lo suficientemente económica, para poder hacer que se dedique a hacer etanol y los números, desde el punto de vista de viabilidad económica, salgan. En Brasil, el primer país productor de etanol de azúcar vale alrededor de 11 dólares, en México vale 34 dólares. Entonces, mientras exista esta diferencia grande entre

⁵⁸ Resumen de la entrevista realizada por Mimiaga Lucía, publicada en "Portafolio de Negocios", suplemento de economía y agroindustria de el periódico "EL DEBATE", los días 4 y 11 de febrero de 2008.

el precio de la materia prima, no podemos hacer etanol de caña de azúcar. También, se puede hacer etanol de caña de azúcar, no de la caña si no del azúcar o de las mieles, ese es otro proceso que también estamos estudiando y del cual ha hablado el secretario. Tarde o temprano tendremos que llegar a hacer etanol, no sólo de los otros procesos el etanol de celulosa que puede salir de las astillas de madera, rastrojos de maíz, frijol, también esto lo tenemos contemplado nosotros.

¿Hay un equipo de brasileños trabajando con ustedes?

Tenemos, no sólo gente de Brasil, sino de Estados Unidos, India y España.

¿Está destinando inversión a la investigación para saber qué conviene más, si producir etanol con caña de azúcar, maíz u otros productos?

Sí, en unos días voy a enviar a una persona con semillas de sorgo dulce para hacer etanol. Es un proceso muy interesante que están haciendo en esos países. Queremos conseguir semilla para aclimatarla en Sinaloa y empezar a sembrar sorgo dulce. Tenemos un hindú trabajando con nosotros, que nos está diseñando la tecnología necesaria para tener las enzimas, para poder hacer el etanol de rastrojos o biomasa de maíz, sorgo frijol, caña.

¿Es todo un panorama más amplio que sólo el etanol a base de maíz o caña?

Es todo un panorama tan interesante. La preocupación nuestra es que lo que podemos atacar de inmediato de todas las cosas que hay para adelante en cuestión de bioenergéticas, también podemos hacer biodiesel, es como un niño que acaba de nacer, todo viene para adelante.

La primer planta a nivel nacional se abrirá en Navolato, ¿Cómo se siente siendo pionero en ello?

Por una parte me siento satisfecho, me siento muy estimulado por ser el primero pero, también tengo mis dudas, mi responsabilidad, porque en esto he invertido mucho del patrimonio de nosotros y también créditos con bancos. Es mi gran compromiso, responsabilidad de que esto salga adelante, pero tengo toda la confianza del mundo de que lo voy a sacar.

¿Desde hace cuánto tiempo se empezó a plantear la posibilidad de producir etanol en Sinaloa?

Nosotros, hace unos doce años fuimos a ver a Florida, a una familia de industriales azucareros muy famosos, la familia Fanjul. Íbamos a hablar de etanol porque queríamos producir biocombustibles con las cañas de Sinaloa, porque las de Navolato tienen la característica que dan muy poca sacarosa y lo que se ocupa en un ingenio es moler la mínima cantidad e caña y obtener la máxima cantidad de azúcar. Los Fanjul también estaban interesados desde esa época, en producirlo, nos explicaron que, en esos momentos, el azúcar estaba con precios altos y no era viable hacer el etanol a base de caña, nos recomendaron un técnico del sur de Florida para hablar con él.

Llegamos a la conclusión de que no era el momento, yo seguí pensando en esta idea y hace dos años tomé la decisión de meterme en este negocio, creo que es una decisión adecuada.

¿En qué fecha comenzará a operar la planta de Navolato?

Tenemos un calendario de obra que revisamos todos los días, el 29 de febrero faltaban 100 días para que la echáramos a andar en pruebas. Una vez terminadas

las instalaciones se requieren hacer pruebas, ajustes. Pensamos que ya, comercialmente, vamos a estar trabajando en julio de este año.

¿Puede precisarnos la inversión?

La inversión, en general, es alrededor de 65 millones de dólares.

¿Hay capital extranjero?

El capital está compuesto por inversión del gobierno federal, accionistas particulares, capital de la familia De la Vega, así como diversos de instituciones financieras de Estados Unidos y Europa, como la compañía española de “Créditos a la Exportación”.

¿Para este año está proyectando construir otras plantas?

Estamos trabajando en ello, buscamos la localización, creo que no será para este año pero entre 10 y 12 meses estaremos en posibilidades de definir en qué lugar, para en uno o dos meses más empezar.

Trascendió que PEMEX desea comercializar etanol en México. ¿Han tenido algún acercamiento con Petróleos Mexicanos?

Nosotros hemos estado muy atentos y puntuales platicando con Pemex y la Secretaria de Energía, porque están muy interesados que este etanol que vamos a producir no se valla a Estados Unidos, sino que se utilice en México, pero en Pemex tiene muchos problemas porque no está preparado para ello. Estamos trabajando con Pemex y la Secretaria de Energía para resolver estos problemas y poder venderle el etanol a Pemex. Esto va a beneficiar mucho, una vez que se logre conciliar todas las propuestas y todas las soluciones a todos los problemas que se tiene con Pemex, para que pueda usar el etanol nuestro, eso va a beneficiar mucho a otros que también quieren hacer plantas de etanol ubicadas en

otras partes de la República y alguno de ellos con otras materias primas diferentes a las nuestras. Pemex no se opone si no tiene problemas de logística, tiene los TAR, Terminales al de Almacenamiento y Reparto, en Culiacán hay una. No se usa etanol como oxigenante en las gasolinas o como antidetonante, se usa otro producto, que es un subproducto de la refinación. En Sinaloa hay problemas también para usarlo. El problema de logística, en Sinaloa, no puede haber gasolina con etanol y otra sin etanol, Pemex tiene que buscar terminales donde pueda recibir todo el etanol o donde se puedan hacer combinaciones, en eso estamos trabajando, además de que hay otros aspectos de carácter técnico que se pueden resolver, pero no estaban preparados. Estamos trabajando duro con la Secretaria de Energía y esto le va a servir a todo el país y los industriales que quieren entrar al negocio.

¿Es a largo plazo?

A pesar de que estamos hablando de una empresa que está en un escaparate de todo México, porque tiene que cambiar, creo que será en uno o diez meses poder resolver o puntualizar todos los problemas que tiene Petróleos Mexicanos para usar el etanol, y que pueda abrirse a todos aquellos que están interesados en vender el etanol.

¿Cree que Sinaloa y México, realmente, entrarán a la tendencia mundial de los biocombustibles?

Sí y, además, creo que esta tendencia ayudará a la agricultura, porque va a ver productos nuevos que van hacer rentables para los agricultores. En el futuro van a tener muchas cosas para sembrar, no únicamente maíz, sino también jatropha, sorgo dulce, sorgo, maíz de alto rendimiento que van hacer exclusivos para

biocombustibles. Le abre unas posibilidades a la agricultura muy interesante, por primera vez veo que todos los que nos hemos dedicado a la agricultura y hemos sufrido los embates que tienen los agricultores. Tenemos un panorama interesante hacia adelante.

En E. U. la industria de los biocombustibles está subsidiada por el gobierno, ¿considera que el gobierno mexicano deberá ajustarse en ese sentido?

No. Creo que en el futuro van a desaparecer los subsidios, las rondas de Uruguay, la rondas de Doha, todas piden quitar los subsidios tan grandes que tienen los agricultores de Estados Unidos y los europeos. Pensamos que podemos subsistir sin subsidios a los productores de etanol. El otro asunto a los subsidios a los agricultores es otra historia.

¿Qué opinión le merece la preocupación a nivel nacional de que el precio de maíz continúe aumentando a raíz del etanol?

De los alimentos han subido, pero no necesariamente porque ha subido el precio del maíz y los granos. El precio de los granos sube porque países como la India, China, sacan 100 millones de habitantes de la pobreza cada año, los incorporan a una clase de personas en su economía que comienzan a demandar ciertos artículos, empiezan a comer carne. Esto hace que aumente el precio de los granos, no necesariamente los biocombustibles. Día con día va a ir cambiando, vamos a irnos a la biomasa u otros productos no necesariamente que son productos biológicos destinados al consumo humano. Por eso digo que se está abriendo un panorama muy interesante para la agricultura. En Sinaloa, de entrada sería el maíz blanco.

Investigadores han criticado los biocombustibles, porque el proceso de producción de ellos puede ser más contaminante ¿es así?

Lo que se discute es que si hacemos etanol de maíz, consumiríamos más energía fósil en el proceso. Se piensa que por cada litro de biocombustibles que se produce a base de granos, se gasta más petróleo, pero hay un error en esa concepción. Las mismas compañías petroleras han evitado que se publique y han magnificado el gasto de combustibles fósiles, comparado con lo que se produce de biocombustibles. Por cada litro de etanol que usted produce con maíz va a gastar 600 cm³ de combustibles fósil, lo cual quiere decir que se gastan menos combustibles fósiles, si se hace el etanol con caña de azúcar que si se hace con granos como el maíz. Sin embargo, no toman en cuenta que, cuando se produce el etanol de granos, también se elaboran pastas de maíz, que son consumidas por la industria pecuaria y ahí una tonelada de maíz tiene 90 kilos de proteína. Al tomarlo en cuenta, el etanol se hace con los almidones y las proteínas se quedan intactas, solamente que se concentran. Ahora, con las pastas de maíz que se produzcan con eso se va a tener 300 kilos de pastas de maíz, que tienen 90 kilos de proteínas que no se toman en cuenta al hacer el balance, porque en esas proteínas van energéticos y también generan que se gasten menos energéticos y es una discusión que hemos tenido, incluso, con científicos. Actualmente, de estas pastas DDGS importamos alrededor de 750 mil toneladas al año. Están sustituyendo tres veces más toneladas de maíz. Si no hubiera estas pastas, se tendrían que importar 2 millones 250 mil toneladas de maíz, para poder engordar a todo el ganado, aves y puercos. Hay un ahorro importante en divisas, y todo el combustible fósil que se usa para esos 2 millones de toneladas no me los toman

en cuenta. Cuando se hacen los balances energéticos entre caña de azúcar y entre maíz o granos, no se toman en cuenta los DDGS.

¿Cómo vislumbra en 5 años el desarrollo de la industria de biocombustibles en México?

A 5 años veo que va a beneficiar mucho a la economía de Sinaloa, porque va a crecer en lo agrícola. Vamos a poder exportar gran parte de los productos de esta agricultura del futuro, no sólo el maíz, sino otros cultivos muy interesantes, dedicados al biocombustible. Vamos a ahorrar divisas, parte de estos granos que vamos a producir en México evitarán importaciones, si voy a producir aquí alimentos para el ganado para qué importar maíz amarillo. Se van a abrir negocios interesantes en el campo, como el sorgo dulce, con el cual también se puede producir azúcar. En 5 ó 10 años va a cambiar diametralmente la agricultura, se viene un panorama muy interesante para los agricultores, porque, a parte con estos nuevos productos, va a haber cooperativas, uniones de ejidos y el sueño de todos lo que crearon la Reforma agraria se va a hacer realidad. Las uniones no serán sólo para la producción sino a venderlos y transformarlos, darles un valor agregado. Esto encaminado a los alimentos y los biocombustibles. Nuestra empresa Biocyclos estará dedicada a la producción de alimentos y los combustibles limpios para el mundo.

¿Cómo evitará la industria nacional que Norteamérica triangule importaciones de azúcar?

Dentro de las reglas de TLCAN está muy claro que solamente podemos exportar sacarosa mexicana a Estados Unidos e importarla la estadounidense. No se puede comprar azúcar a Brasil, meterla al país y venderla en E. U., ni tampoco lo

pueden hacer ellos. Hay puntos que hay que aclarar, porque E. U. tiene una cuota hacia otros países, la cual viene desde la OMC, se respetó porque ellos dicen que no tiene carácter comercial, sino político. Se las da a ciertos países que quiere ayudar económicamente y que producen azúcar. No creo que haya triangulación. Estamos haciendo un arreglo y está a punto de salir, entre productores de azúcares mexicanos y americanos, falta subirlo a los gobiernos, para que le den vida jurídica y lo anexen al tratado; no es un cambio al TLC, es un anexo. Es un pacto parecido al que hicimos entre productores de tomate hace 12 años, entre los gobiernos de Estados Unidos y México.

En primer lugar, no puede entrar sacarosa de terceros países. Toda azúcar mexicana que desplace la fructuosa va a ser convertida en etanol y los E. U. Van a pagar durante dos años el 70 por ciento de lo que cueste bajarle el precio a esa azúcar, para que sea económicamente viable hacer etanol. El arreglo es por cinco años y se va tener que renovar. Con esto habrá un mercado de endulzantes administrado debidamente. Vamos a saber, exactamente, qué tanta fructuosa se va a consumir en México y qué tanta azúcar se va a producir en el país. E. U. tiene lo que se llama cuotas de venta, sólo se puede vender cierta cantidad de azúcar. Los mexicanos, en estas nuevas reglas, vamos a tener que caer en cuotas de venta, y todo lo que nos sobra lo enviaremos al mercado mundial, para poder que entre los dos países haya un mercado administrado. Está permitido dentro del Tratado. Vamos a llegar a que el precio del azúcar en México sea el mismo de E. U. y para el consumidor va a ser más barato de lo que ha sido en los últimos años. Los ingenios nos tenemos que tener confianza, entrar en esta dinámica de bajar los costos de operación y ser muy eficientes para poder competir, porque, en los

últimos meses, un saco de azúcar se vendía en 300 pesos y en el futuro el mismo saco de sacarosa lo vamos a tener que vender a 270 pesos, que es lo que vale allá, si subimos el precio nacional entonces nos van a llenar de azúcar de E. U.

¿Cuándo anexarán estos arreglos al TLCAN?

Estos acuerdos fueron firmados hace tres semanas. Creo que en tres meses van a estar firmados por las autoridades, son arreglos a los que tiene que llegar el productor y subirlo a las autoridades para darle vida jurídica.

¿Zucarmex está preparada para competir ante la liberación de aranceles a la caña de azúcar?

Somos una empresa muy austera, de respuestas muy rápidas. Estamos preparados para los cambios de la industria azucarera. ¿Cuáles son? En primer lugar, no consumir petróleo. El grupo Zucarmex es el segundo que consume menos petróleo en el país, por muchos años, y somos el primero. Este 2008, queremos volver al primer sitio. En segundo lugar, tenemos que tener menos pérdidas en el proceso; una caña tiene 13 por ciento de sacarina, queremos ser los que menos pérdidas de azúcar tengamos en el proceso, invertimos mucho en los ingenios, en capacitación de la gente, tenemos personal muy preparadas, uno de los mejores técnicos azucareros trabaja con nosotros. Para ser eficientes, debemos estar preparados para producir etanol y también energía eléctrica, las tres cosas sí se pueden hacer con estos precios de la caña o consiguiendo que los cañeros los baje. Por ejemplo, en un 10% los industriales podemos apoyarlos a que no pierdan, ayudándoles con mejores semillas, fertilizantes y la cosecha podemos hacerla nosotros con equipos muy modernos.

¿En qué consiste este proyecto de generar y vender energía eléctrica?

Todos los ingenios azucareros del país podemos generar energía eléctrica con el bagazo de la caña para todo el ingenio, pero como muchos estábamos muy atrasados, entonces no alcanza para producirla para mover todos los motores de la fábrica se mete petróleo a la calderas, esa práctica se ha venido disminuyendo año con año. Tenemos la tecnología y capacidad. Ocupamos que nos sobre energía eléctrica para comercializarla. Podemos vendérsela al Ayuntamiento de Navolato, al Gobierno del Estado; a la Comisión Federal de Electricidad, por ejemplo, le entregaríamos todo lo que nos sobre de energía eléctrica en Navolato y, la Comisión, lo que haría, sería transportarla, usarla, venderla y cobrarla, después pagarnos a nosotros. Estamos discutiendo con la CFE, pero para ellos, sería un problema, si se llega a detener el ingenio, porque ellos no pueden dejar de surtir energía eléctrica. También, estamos discutiendo las horas pico, no es lo mismo que se pare en una hora común y corriente, pero si es hora pico se complica aún más. A la CFE también le preocupa qué hacer cuando la compañía no esté en zafra, tenemos que entrarle si no esta industria va a desaparecer.

¿Es parte de la solución al conflicto cañero?

Los problemas que tenemos con la caña se van a ir resolviendo día con día. Antes no existía lo que tenemos hoy. La Ley de Desarrollo Sustentable de la Agroindustria de la Caña de Azúcar, antes era el Decreto cañero, esas reglas eran para ellos, hoy son para las dos partes. En la medida en que estamos cumpliendo con esta Ley es en la medida que todos estos conflictos se van a terminar. La comisión tiene miedo de comprarnos energía eléctrica y PEMEX el etanol, por los conflictos obreros. Nos dirían: “Me dejaste colgado, te hicieron un paro, una huelga y no tengo etanol ni energía”.

Los cañeros deben entrar en esta dinámica y la Ley los hará entrar, porque habla de etanol y energía eléctrica. La industria sí puede desaparecer, porque ya no habrá expropiaciones y quienes no sean eficientes cerrarán sus puertas.

¿Beneficiará a Sinaloa la ley que sanciona a patrones que contratan indocumentados en Arizona? Empresas norteamericanas podrían aliarse aquí.

Hay que tomarlo muy en cuenta. Aliarse con americanos no es fácil. Tengo la impresión de que se van a venir no sólo de Arizona, sino de California y Florida; debemos estar muy preparados para que esas alianzas sean verdaderas, que no vengán a competir y acabar con nosotros.

¿Hay algún acercamiento con su grupo?

No, al contrario. En relación al azúcar, hemos querido tener una empresa en E. U. y tres intentos nos han fallado. Somos la única empresa mexicana azucarera que vende azúcar en E. U. Con su marca propia. Zulka está en todos los supermercados en la unión americana, es fácil verlo, decirlo, pero es trabajo de 10 años. Pensamos tener una empresa allá para darle un valor agregado al azúcar que exportemos. Es un anhelo y objetivo que hemos perseguido de mucho tiempo atrás. Las circunstancias no se han dado, pero esperamos que en el futuro se den. Creo que los empresarios debemos pensar en esos mercados, cómo es posible que china exporte más a ese gran mercado y nosotros tan cerca no, antes éramos el primer país exportador de bienes manufacturados a E. U. y hoy somos el segundo. Cuando era secretario de economía el Dr. Herminio Blanco con el Presidente Zedillo, exportábamos 750 millones de dólares diarios a los Estados Unidos, creo que hoy debemos estar en mil 100 millones de dólares. Me pregunto, tan buenos que somos para exportar pero ¿por qué no nos vamos para allá? ¿Por

qué no hacemos lo de CEMEX?, convertirnos en una empresa de clase mundial, por lo menos los empresarios sinaloenses tenemos capacidad para ello.

CIFRAS IMPORTANTES

65 millones de dólares es la inversión total en la planta.	90 millones de dólares serán las ventas anuales.
350 mil litros de etanol se producirán al día.	265 toneladas de DDGS o pastas de maíz se producirán al día.

B. INFORMACIÓN ADICIONAL SOBRE LA EMPRESA BIOCYCLOS⁵⁹

(PRIMER PLANTA DE ETANOL EN MÉXICO)

Es una empresa mexicana sinaloense que impulsara la industria pecuaria del noroeste del país, contribuirá a importar menos gasolina al usar bioetanol como su oxigenante y generará importantes impactos positivos al medio ambiente.

También se han iniciado negociaciones con los principales productores y comercializadores de ganado bovino, aviar y porcino en Sinaloa y México.

Líneas de producto.

- Pasta de maíz
- Melaza fortificada
- Bioetanol
- Gas carbónico (CO₂)

En un contexto de altos precios de los alimentos y del petróleo, aunado a la preocupación por el medio ambiente, surge la necesidad de desarrollar fuentes alternativas de bioenergía.

Los complementos alimenticios naturales para ganado y los biocombustibles ofrecen ventajas económicas y ambientales al promover el desarrollo sustentable de la región y contribuir en la reducción neta de contaminantes a la atmósfera y suelo.

⁵⁹ Fuente principal: www.biocyclos.com.mx (1 de agosto de 2008)

Sinaloa tiene el potencial para convertirse en el primer gran generador de bioenergéticos para México y el mundo, transformando los granos de raíz y sorgo en:

1. Alimentos para la industria cárnica de alto contenido proteínico: **la pasta de maíz NutriGold y la melaza fortificada Fortimiel.**
2. Un biocombustible de alto nivel que se conoce como **Bloetanol.**
3. En un insumo fundamental para la elaboración de refrescos: **Gas Carbónico (CO2)**

EMPRESA PROMOTORA

- Destilmex SA de CV

ACTIVIDAD PRINCIPAL

- Obtener productos con valor agregado, a partir de productos agrícolas primarios.

LOCALIZACIÓN

- Navolato, Sinaloa, México

GENERACIÓN DE EMPLEOS

- 500 empleos directos e indirectos durante la construcción de la planta
- 50 empleos directos al entrar en operación
- 2,500 empleos indirectos al entrar en operación

CAPACIDAD NOMINAL

- 100 mil toneladas anuales de pasta de maíz Nutrigold.

- 30 millones de galones anuales de Bioetanol.
- 85 mil toneladas por año de CO2.

MATERIAS PRIMAS

- Maíz y Sorgo.
- 300 mil toneladas anuales.
- Originarias de Sinaloa: 30 mil hectáreas.

MERCADO OBJETIVO

- Nutrigold: Sinaloa y Sonora
- Fortimiel: Sinaloa y Sonora.
- Bioetanol: California y Arizona.
- CO2: Sinaloa.

PROCESO DE PRODUCCIÓN

- Molienda en seco.

PASTA DE MAÍZ

Nombre comercial: Nutrigold

- Es un complemento alimenticio natural para ganado bovino, porcino, aviar, caprino, ovino, y equino.
- Concentra el triple de las proteínas y las grasas que el grano original.
- Es una excelente fuente de energía.
- Es fácilmente digerible al pasar por un proceso enzimático y otro fermentativo.

- Si se consume fresco, antes del secado, el beneficio alimenticio para el ganado es superior.
- Reduce los costos de los alimentos pecuarios, al sustituir importaciones maíz, oleaginosas y pastas.

MELAZA FORTIFICADA

Nombre comercial: Fortimiel

- Es un suplemento alimenticio natural en presentación líquida para el ganado bovino, caprino y ovino de fácil manejo alimenticio, sin problemas de conservación y de amplia disponibilidad.
- Proporciona energía, proteínas y minerales que puedan faltarle al ganado en pastoreo.
- En época de sequía es más evidente el efecto benéfico sobre el ganado, ya que la calidad nutritiva del forraje disminuye.

BIOETANOL

Nombre comercial: Bioetanol

- Es un líquido transparente, inodoro y de olor agradable.
- Se produce de materiales biológicos a partir de fuentes renovables que contienen azúcar o almidón, como el maíz y el sorgo.
- Pertenece a un grupo de compuesto que no contiene azufre, plomo, benceno y otros compuestos químicos.
- Es un gran solvente y materia de una gran diversidad de industrias, bebidas y también se utiliza en combustibles.

- Para usarse como combustible, se agrega a la gasolina en proporciones del 3% a 23%, sin requerir modificaciones a los motores.
- En el futuro puede llegar a transformarse en etileno, que es el compuesto base para la industria de plástico.

C. EL ETANOL DE MAIZ NO PODRÁ PRODUCIRSE EN SINALOA. SI LO HICIERA, LA PLANTA OPERARÍA FUERA DE LA LEY: LABASTIDA OCHOA⁶⁰

La planta de etanol Biocyclos del Grupo Zucarmex, instalada en el municipio de Navolato, Sinaloa, y la que planean construir la firma Mexstarch en la ciudad de Los Mochis, municipio de Ahome, Sinaloa, podría operar de manera ilegal si, dentro de los próximos días, no se acepta una modificación a la ley en la que permitan la producción de biocombustibles a base de maíz. El futuro es incierto para los dos proyectos.

"En energía renovables estamos contemplando impulsar la eólica, solar y la mareomotriz. Lo que se llama biocombustibles, ya sea biodiesel o etanol ya se expidió una ley: no quedó autorizada la producción de etanol vía maíz", enfatizó Francisco Labastida Ochoa, presidente de la Comisión de Energía en el senado de la República. De ser así, la operación de la primera planta de etanol en México, Biocyclos, de Eduardo De la Vega, podría verse afectada.

La Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos prohíbe la producción de etanol con maíz, a menos de que haya excedentes. En Sinaloa existen pero no a nivel federal.

¿La planta de Navolato estaría trabajando de manera ilegal? "En tanto la ley no se apruebe, no tiene autorización para trabajar", afirmó Labastida Ochoa.

⁶⁰ Resumen de la entrevista elaborada por Flores Milagros, periódico El Debate de Culiacán, 11 de agosto de 2008.

Labastida Ochoa vislumbra un futuro difícil para el consumidor y de oportunidades para los productores de granos en el mundo: "Creo que vamos a tener altos precios de granos por los próximos años, esto porque en los últimos diez años la producción mundial de alimentos creció al mismo nivel que la población, que es al 1.6 por ciento anual y también aumentó la demanda en China e India, para producir etanol", aseguró Labastida Ochoa.

Señaló que, el año pasado, E. U. consumió 55 millones de toneladas de maíz para producir etanol, y sólo para comparar, México produce 25 millones de toneladas o menos; dos veces la producción del país se destinó para la producción de etanol y con eso sólo lograron producir menos de 300 mil barriles por día. "Para E. U. significa sólo el 0.5 por ciento, o sea ¡nada! Si lo comparamos con el petróleo en donde andan con 22 millones de barriles, es el 1.5 por ciento, lo cual tampoco es significativo. En cambio, coadyuvaron a desquiciar el mercado mundial de granos. Bueno para los agricultores y malo para el consumidor".

D. DESCARTAN QUE LA PLANTA DE NAVOLATO, SINALOA, ESTÉ VIOLANDO LA LEY AL PRODUCIR ETANOL A PARTIR DE MAÍZ⁶¹

La planta de etanol ubicada en Navolato, Sinaloa, no es sujeto obligado a la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, que se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 1 de febrero de 2008, afirmó Eduardo De la Vega Echavarría, propietarios de la planta.

Explicó que, cuando empezaron a construir la planta, no se necesitaba ningún permiso para producir biocombustibles. “No somos sujetos a esa ley, porque nosotros empezamos con todos los permisos habidos y por haber, antes de que saliera esta ley de bioenergéticos... acuérdesse usted que ninguna ley tiene efecto retroactivo en perjuicio de persona alguna”.

Acotó que es un error, cuando se les critica que con comida generarán etanol, porque con una tonelada de maíz producirán 400 litros de etanol, 330 kilos de pasta de maíz y 300 kilos de dióxido de carbono que será capturado, embotellado y vendido a la empresa *Prax Air* que a su vez lo venderá a la industria refresquera. Aseguró que la obra no será ningún “*elefante blanco*”, sino un negocio que le dará presencia e importancia a Sinaloa, donde cerca de mil productores se verán beneficiados al comprárseles 270 mil toneladas de maíz. “Yo tengo la seguridad de que será un éxito, que como en todos los negocios nuevos hay que marcarles un rumbo, estar muy pendiente de los cambios, seguir esos cambios, pero esto va para adelante”.

⁶¹ Resumen de la entrevista realizada por Beltrán Claudia al Sr. Eduardo De la Vega Echavarría; y publicada en el periódico Noroeste (Sinaloa) el 27 de septiembre de 2008.

Expresó que tienen futuro las plantas de etanol, y las siete empresas petroleras que existen en el mundo se oponen al uso de los biocombustibles, porque les está quitando mercado.

De la Vega Echavarría abundó que hay muchos empresarios interesados en comprarles el etanol, incluso, le han pedido venta acciones.

Agregó que, si otra entidad quiere construir una planta de etanol, la instalada en Navolato, Sinaloa, les lleva dos años de ventaja.

BENEFICIOS EN NÚMEROS

- * Se producirán 30 millones de galones al año.
- * Se exportará a Nuevo México, Arizona y California.
- * Se proyecta venderlo también a PEMEX.
- * Se beneficiarán cerca de mil productores.
- * Se generarán, aproximadamente, 70 millones de dólares como divisas.
- * Se fomentará la agricultura por contrato.
- * Se generarán 500 empleos directos e indirectos (50 permanentes).
- * La inversión es de 70 millones de dólares.
- * Se adquirirán 270 mil toneladas de maíz.

APÉNDICE 4

PLANTA DE ETANOL EN LOS MOCHIS, AHOME, SINALOA. INVERSIÓN DE 70 MILLONES DE DÓLARES; PRODUCCIÓN DE 41 MILLONES DE LITROS DE ETANOL AL AÑO A PARTIR DEL MAÍZ; 10 MIL TONELADAS DE FIBRA ALIMENTICIA; 6 MIL TONELADAS DE GERMEN ALIMENTICIO; MIL 800 TONELADAS DE ACEITE COMESTIBLE; Y 6 MIL TONELADAS DE GRANO SECO⁶²

Grupo Empresarial Dharma, es proveedor de granos industrializados para la industria alimentaria, acomete una empresa que es parte de su plan multimillonario, para crear un complejo con un pie en la bioenergía y otro en la producción de alimentos en el municipio de Ahome, cercano a Los Mochis, Sinaloa.

José Manuel Landa, director general de Dharma, creó la subsidiaria Industrial Mexstarch (Indumex), que aprovechará el excedente de maíz producido en la región (que calcula en 3.5 millones de toneladas anuales). “Ahí construimos una planta de procesamiento que generará un estimado de 41 millones de litros de etanol anualmente”. Además, en complemento, también se producirán unas 10 mil toneladas de fibra alimenticia, 6 mil toneladas de germen alimenticio, mil 800 toneladas de aceite comestible y 6 mil toneladas de granos secos.

⁶² Resumen de la entrevista elaborada por Peralta Leonardo; revista Expansión, año XXXIX, núm. 994, julio 7 de 2008.

Para ello, Dharma tuvo que negociar acuerdos con el gobierno estatal en las gestiones de trámites y apoyos con la Secretaría de Agricultura, por medio del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), mismos que, de acuerdo con datos obtenidos del Instituto Federal de Acceso a la Información (IFAI), ascendieron a 25 millones de pesos en 2006. Además, como proceso innovador, Dharma Energetics está inscrita en el programa de incentivos de Conacyt, que en 2006 aprobó apoyos por 5.5 millones de pesos, bajo el programa de acelerador de empresas Avance.

La inversión es de, aproximadamente, 70 millones de dólares, que han sido financiados en 55% por capital propio y el resto por financiamientos externos, como el otorgado por CleanTech Fund, un fondo privado internacional, donde participan, entre otros, la Corporación Andina de Fomento, Banobras, el Banco Interamericano de Desarrollo y EcoEnergy International. Esta firma, apenas anunció en diciembre su aportación de 3.75 MDD.

La planta de Ahome está en fase de construcción, y en ella han concurrido algunos de los más importantes participantes en el mercado de bioenergéticos del mundo: India Praj Industries, en la planta productora de etanol; GSI Grain Systems, en la parte de recepción del material, y otros 45 proveedores de productos y servicios adicionales, en su mayoría mexicanos.

Uno de los aspectos más importantes (y socialmente delicados) será la relación con los proveedores de materia prima, a quienes José Manuel Landa les ha propuesto un mecanismo en dos vías: por un lado, la simple compra del material; y por otro, un esquema de sociedad, donde el productor (se planea que sean, en su mayoría, campesinos con menos de 10 hectáreas) compartirá el riesgo y las ganancias con los dueños de la empresa.

México produce casi 50 millones de litros de bioetanol al año. Esta producción no se utiliza como combustible para el transporte, sino como componente para las industrias química y farmacéutica. El país no cubre sus necesidades en este ramo, de más de 165 millones de litros por año. En consecuencia, se importa etanol de Estados Unidos, de donde se trae sin arancel, así como de Brasil y hasta de Cuba. Por lo que hace al biodiesel, en el país sólo se producen 10 mil litros por año para pruebas a pequeña escala.

El Servicio Comercial de EU publicó, en octubre de 2006, un estudio donde señala que la producción de etanol en México, para los próximos años (359 millones de litros al año), tendría como mercado natural California y Arizona, ávidos de este energético.

“En Dharma contemplamos la venta del etanol a *brokers* internacionales que, a su vez, lo venden a las firmas petroleras, para hacer las mezclas con su combustible y venderlo al público”, afirmó Landa.

Proyecciones del Instituto Mexicano del Petróleo predicen que, para 2010, la venta de gasolina con bioetanol, en México, será de casi 42 mil barriles por día, contra 368 mil barriles de gasolinas convencionales y 340 mil tratadas con oxígeno. Dharma considera que se podría abrir un mercado de hasta 200 millones de litros de etanol para el consumo nacional, y allí es donde Landa encuentra un nicho interesante.

“Tenemos un *handicap* de dos años, frente a cualquier competidor que esté desarrollando proyectos de etanol, por lo que estamos listos para ofrecer nuestro producto a consumidores nacionales”.

En cuanto al tema regulatorio, Landa expresa que, pese a haber trabajado sin una legislación que amparara su material de trabajo, “como aún no habíamos producido etanol, no tuvimos que enfrentar problemas legales”.

Sin embargo, el empresario señala que uno de los apartados de la ley le preocupa: “El permiso previo por parte de SAGARPA, que se requiere para hacer uso de maíz, representa un posible punto que complique el trabajo en el proyecto”.

APÉNDICE 5

A. LAS BASES CIENTÍFICAS DEL CALENTAMIENTO GLOBAL Y SUS CONSECUENCIAS

Para entender mejor el cambio climático global veamos sus bases teóricas: “El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo (criósfera), los organismos vivientes (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geósfera). Sólo si se considera al sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y, finalmente, entender las causas del cambio global”.⁶³

Según la definición del Grupo Intergubernamental Sobre el Cambio Climático (IPCC), la atmósfera es la capa gaseosa que rodea al planeta Tierra y se divide, teóricamente, en varias capas concéntricas sucesivas. Estas son, desde la superficie hacia el espacio exterior: troposfera, tropopausa (12 km.), estratosfera (20 km.), estratopausa (50 km.), mesósfera (80 km.) y termósfera (+ de 80 km.). La atmósfera es uno de los componentes más importantes del clima terrestre. Es el presupuesto energético de la atmósfera lo que, primordialmente, determina el estado del clima global, por ello es esencial comprender su composición y estructura.⁶⁴

⁶³ Siller Cepeda Jorge H.; Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD); unidad Culiacán; revista Agricultura Caades, No. 17 septiembre de 2007.

⁶⁴ www.cambioclimaticoglobal.com/atmosfe1.html (8 de abril de 2008)

Gráfica A5.1

Por qué aumenta la temperatura del planeta

EFECTO INVERNADERO

Es un fenómeno natural, por el cual la Tierra retiene parte de la energía solar que atraviesa la atmósfera. Este fenómeno permite la existencia de vida.

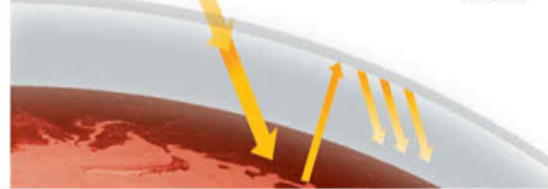
- 1 Los rayos del sol atraviesan la atmósfera.
- 2 Parte de la radiación es retenida por los gases de efecto invernadero.
- 3 ...y el resto vuelve al espacio.



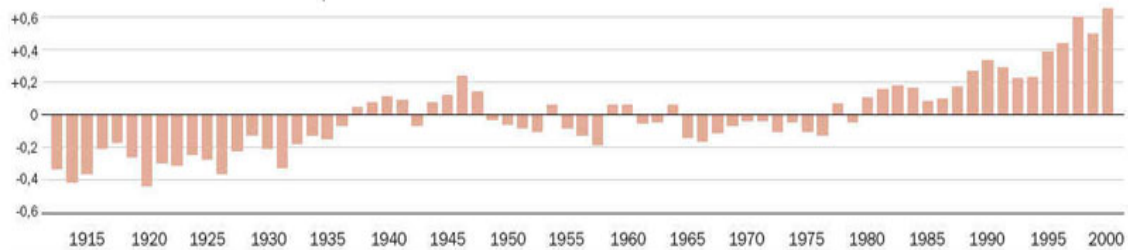
CALENTAMIENTO GLOBAL

Es el incremento de la temperatura media de la atmósfera debido a la actividad humana.

- 1 La quema de combustibles, la deforestación, la ganadería, etc., incrementan la cantidad de gases de efecto invernadero.
- 2 La atmósfera, entonces, retiene más calor y el planeta se recalienta.



VARIACION DE LA TEMPERATURA GLOBAL ▶ En grados centígrados.



Fuente: IPCC, CLIMATE CHANGE 2001: THE SCIENTIFIC BASIS, TECHNICAL SUMMARY

CLARIN

La tierra recibe energía del sol, en forma de radiación electromagnética. Esa radiación se topa, primero, con la atmósfera y penetra a través de las zonas del ultravioleta, visible e infrarrojo (UV, VIS e IR). Las radiaciones de la zona UV son muy energéticas y, por lo tanto, capaces de producir alteraciones en las sustancias químicas de la atmósfera. La mayor parte de los rayos UV son retenidos en las capas externas de la atmósfera, como la termósfera y mesósfera. Los rayos que logran cruzar estas capas son frenados por el ozono (Os) presente en la estratosfera. Las radiaciones de IR son también absorbidas por algunos gases de la atmósfera como el dióxido de carbono (CO₂) y el óxido nitroso (N₂O). Finalmente, lo que llega a la tierra es la radiación de la zona visible (VIS). Esta radiación es absorbida por la tierra, pero una parte es reflejada, acumulándose en

forma de calor y, por la noche, reemitida al espacio. De esta radiación, sólo una pequeña parte es capaz de cruzar la troposfera (primera capa de la atmósfera de adentro hacia a fuera), quedando la mayor parte atrapada entre la tierra y la tropopausa (segunda capa), provocando con ello un calentamiento del planeta. Hay que decir que existe una diferencia importante entre la radiación que proviene del sol y la que emite la tierra. La primera es una radiación UV, y la segunda una radiación, fundamentalmente, de la zona de infrarrojo (IR), por lo que es eminentemente térmica.

Estos dos grandes flujos de energía, tanto los que recibe como los que envía la tierra, requieren estar en balance, y los encargados de hacerlo son las diferentes capas de la atmósfera. Los GEI permiten que la radiación de “onda corta solar” penetre sin impedimento, pero a la vez absorben la mayor parte de la emisión de “ondas largas terrestres”, lo que provoca que la temperatura global promedio sea de 15 °C, por lo que se puede afirmar que estamos 33 °C más altos que si no existiera la atmósfera. Este proceso se llama “Efecto Invernadero” y ha funcionado durante millones de años, con un balance energético natural, de tal forma que permite la vida animal y vegetal.⁶⁵

De lo anterior, se deduce la función tan importante que juega la atmósfera, ya que si no hubiera ese “Efecto Invernadero” el planeta fuera demasiado frío (18 °C bajo cero) y la vida no pudiera existir. Pero también, hay que decir que este balance energético del planeta, que proporciona un clima promedio de “ni frío ni calor”, debe perdurar a través de los años, ya que una variación hacia abajo o hacia arriba modificaría los ecosistemas y con ello la vida misma.

⁶⁵ Ibid

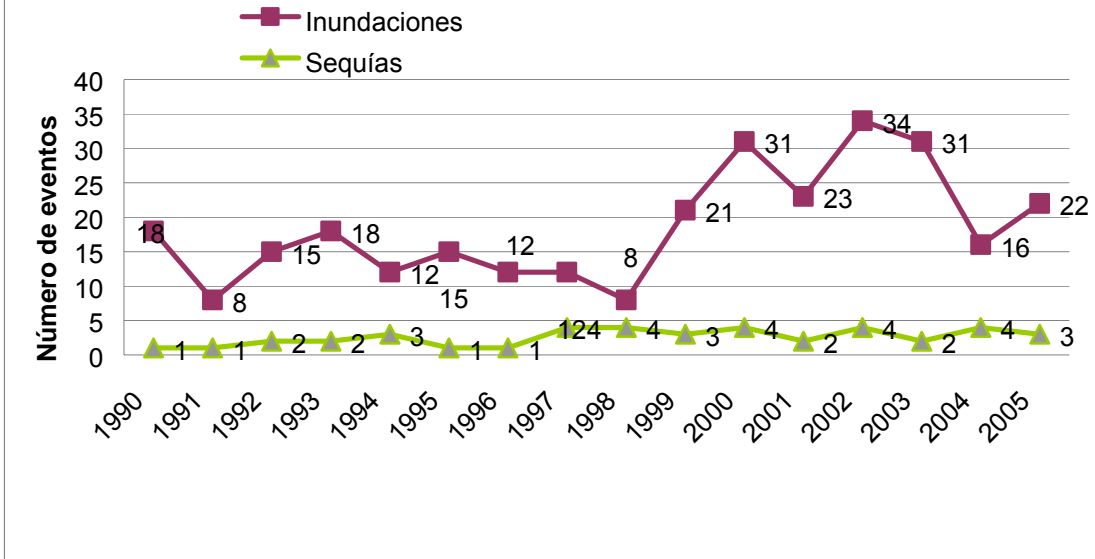
De ahí la importancia de no afectar la atmósfera, ya que eso implicaría modificar ese balance natural que ha permitido la vida animal y vegetal durante millones de años.

B. LAS CONSECUENCIAS

Otra de las consecuencias del calentamiento global, pero no menos importantes, es el aumento de la frecuencia e intensidad de huracanes, inundaciones, sequías y un deshielo polar progresivo que ya inició, causando estragos en la vida animal y vegetal. Estados Unidos ha tenido, en los años recientes, el mayor número de tornados (1,717 de 1950 al 2005) e inundaciones, basta con recordar los grandes estragos que causó el huracán Katrina en el 2005. Se estima que el mar, a partir de 1993, ha venido aumentando su nivel en 3.1 milímetros por año.

Según las estadísticas de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), los desastres naturales van en aumento. Casi todos los fenómenos naturales han registrado, en los últimos 10 años, un incremento. Por ejemplo, las inundaciones se han elevado, considerablemente, a partir de 1998 (ver gráfica A5.2). Entre 1990 y 1998, el promedio de inundaciones en América Latina y el Caribe fue de 13 por año. Pero, para el período de 1999 al 2005, el promedio aumentó a 25 inundaciones por año, un incremento de casi el 100%. La misma tendencia han mostrado en el continente las sequías, incendios, tornados, etcétera.

Gráfica A5.2
Desastres naturales en
América Latina y el Caribe, 1990-2005



Otra consecuencia son las tormentas de polvo y arena, que atraviesan los océanos, y sus residuos son esparcidos por todo el planeta, influyendo en los ecosistemas y en la propagación de alergias y enfermedades, ya que arrastran sustancias tóxicas.

Estos fenómenos, llamados en el Medio Oriente, África y Asia como shamal, khamsin, simún (siroco), harmattan, haboob o afghanet, levantan toneladas de arena y polvo, transportándolas por medio de las corrientes de aire caliente a los diferentes continentes, erosionando con ello el planeta entero. Estos fenómenos, aunque son milenarios, han venido incrementando su frecuencia e intensidad. Por ejemplo, mientras se desarrollaba el conflicto bélico entre Estados Unidos e Irak, por la liberación de Kuwait en el 2003, la base norteamericana se vio envuelta por una tormenta de arena gigantesca que, inicialmente, se creyó fuera parte de una

estrategia militar árabe. Esta nube de polvo era de varios kilómetros de altura, que brotaba de la tierra alimentada por el intenso calor del suelo y la ausencia de humedad. Los científicos concluyeron que el fenómeno fue provocado por las grandes masas de aire caliente, que habían entrado en el embudo formado por las montañas de Turquía e Irán, y que ayudaban a inyectar aire al Golfo Pérsico. Los shamal, como le llaman los árabes, puede alcanzar una velocidad de hasta 97 Km/h, lo que implica un aire demasiado rápido, que transporta miles de toneladas de arena.⁶⁶

Cuadro A5.1 TODO LO QUE VUELA
<ul style="list-style-type: none">• Más de 3 mil millones de toneladas de polvo y arena de los desiertos.• 3 mil 500 toneladas de sal de los océanos.• Mil millones de toneladas de compuestos químicos orgánicos, expeditas por los árboles y plantas. Una tercera parte de convierten en diminutas esferas.• Los volcanes, el plancton y los pantanos envían entre 20 y 30 millones de toneladas de compuestos de azufre, la mitad de los cuales forman pequeñas motas.• Los árboles y pastizales quemados contribuyen con 6 millones de toneladas de hollín negro.• Las llantas de los automóviles sobre el pavimento lanzan al aire toneladas de partículas de caucho, que últimamente se consideran como uno de los grandes culpables del asma.

⁶⁶ Posada-Swafford Ángela, "Hecho Polvo"; revista Muy Interesante; año 23 No. 5, mayo de 2006

- Los glaciares de todo el mundo van pulverizando lentamente las montañas, por las cuales se desplazan, enviando polvo en cantidades que todavía son desconocidos.
- El diario pulimento y trabajo con los metales envían al aire esferas microscópicas de cobre, hierro, bronce, oro y plata.
- También viajan las partículas vivas, como hongos, esporas, virus, diatomeas, polen bacterias, fibras de hojas descompuestas, ojos de mosca, patas de arácnidos, escamas de las alas de las mariposas, partículas de piel de elefante, pelos de oso polar, todo en cantidades desconocidas.

Por otro lado, existe un fenómeno que se llama “Trauma del Gulf Stream”, que es el resultado del deshielo del casco polar que genera alteraciones climáticas, debido a los cambios de temperatura de las corrientes del mar. Se entiende que las aguas árticas son más saladas, frías y pesadas, y al moverse hacia el sur remueven las aguas cálidas del Océano Pacífico, provocando una combinación y una alteración de la temperatura del agua que paraliza, paulatinamente, las corrientes marítimas, ocasionando consecuencias graves en la vida marina.⁶⁷

Igualmente, el cambio climático ha provocado otras consecuencias, por ejemplo la primavera en el sur de España se ha adelantado ya 14 días.

⁶⁷ Ibid

APÉNDICE 6

TABLA DE CONVERSIONES

- ➔ 1 Petajoule (PJ) = 10 joules elevado a la 15va. potencia. Esta es la unidad de medida de la energía. Un joule es el trabajo o cantidad de calor producido por una fuerza de un newton, cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en dirección a la fuerza. La unidad de medida va aumentando de la siguiente forma: Joule (J); Kilojoule (KJ); Megajoule (MJ); Gigajoule (GJ); Terajoule (TJ); y Petajoule (PJ).
- ➔ Gas Natural: 1 millón de $m^3 = 31.65$ TJ; por lo tanto 1 PJ = $1000/31.65 = 31.60$ millones de m^3 .
- ➔ Electricidad: 1 millón de Kwh = 3.6 TJ; por lo tanto 1 PJ = $1000/3.6 = 277.77$ millones de Kwh.
- ➔ 1 tonelada de caña = 11 litros de etanol (como subproducto) y 110 Kg. de azúcar.
- ➔ 1 tonelada de caña = 85 litros de etanol (como producto) y 0 Kg. de azúcar.
- ➔ 1 galón = 3.79 litros.
- ➔ 1 bushel = 25.2 Kg. = 56 libras.
- ➔ 1 bushel de maíz produce 2.6 galones de etanol.
- ➔ 1 acre = 0.4 hectáreas.
- ➔ 1 litro = 0.22 galones.
- ➔ 1 litro de gasolina = 3 kg. de dióxido de carbono.
- ➔ 1 árbol = elimina 1 tonelada de dióxido de carbono en su vida.
- ➔ 1 hl = un hectólitro = 100 litros = 26.42 galones = 0.63 barriles.
- ➔ 1 barril = 159 litros