

La industria del etanol en México

Luis Armando Becerra Pérez

I. Introducción

A nivel mundial, aproximadamente 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 la búsqueda de fuentes alternas de energía.

No obstante ese esfuerzo de investigación, sólo se ha llegado a producir una cantidad de energía renovable que sustituye, aproximadamente, 10% de la energía total consumida, pero se estima que, a corto plazo, la producción de este tipo de energía tienda a aumentar.

En México, sólo 9.5% de la oferta total de energía es renovable, mientras que en Brasil 38.7% de su energía es de fuentes renovables (Ver cuadro 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, y no se utilizan hasta el momento la producción comercial de biocombustibles a partir de cultivos agrícolas o forestales.

Secretario Académico de la
Facultad de Economía
de la Universidad Autónoma
de Sinaloa (UAS)
<becerra_sinaloa@yahoo.com.mx>

Cuadro 1

Oferta de energía renovable y no renovable, 2004
(Miles de barriles equivalentes de petróleo)

Pais	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

La estructura del trabajo se divide en cuatro apartados. Primero, una breve introducción. Segundo, se intenta cuantificar la oferta, los costos de producción, la demanda y el precio del etanol. Tercero, se analiza la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y su programa principal, cruzando las metas con los datos obtenidos en el segundo apartado. Cuarto, se plantean las conclusiones del trabajo.

II. El mercado del etanol en México

II.1 Oferta

La producción de energía primaria en México está altamente concentrada en los hidrocarburos. Del total de la energía producida, más de 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 2).

Cuadro 2

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 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 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 de 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 3.

Cuadro 3
Producción de Etanol en México 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: *Op cit.*

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 anhídrido. 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.¹

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 medir la oferta de etanol en México es evaluar la cantidad de oxigenantes que se pretenden sustituir, y del volumen y porcentaje de gasolinas que se determine combinar, ya que el etanol bien puede servir para oxigenar las gasolinas o para sustituir dicho combustible en diferentes porcentajes.

De acuerdo con la NOM-086-Semarnat-Sener-SCFI-2005, “especificaciones de los combustibles fósiles para protección ambiental”, las gasolinas que se consuman en el país deben contener 2.7% de oxígeno en peso, para lo que actualmente Pemex utiliza MTBE (Metil Terbutil Éter) y Tame (Teramil Metil Éter).

La anterior especificación, la debe contener toda la gasolina Magna (octanaje mínimo de 87) que se consuma en las tres principales zonas metropolitanas del país (Valle de

1. 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.

México, Guadalajara y Monterrey), además de toda la gasolina Premium (octanaje mínimo de 92) que se consume en el territorio mexicano.

La norma 086, también obliga a un contenido máximo de azufre en las gasolinas y el diesel. Para el caso de la gasolina Premium que se consume en todo el país, es de 30 partes por millón en peso (ppm) promedio, con un máximo de 80 ppm, exigencia que se cumple con la producción de gasolina Ultra Baja en Azufre (UBA).

En el caso de la Magna, la norma señala que desde octubre de 2008, la gasolina consumida en las tres principales zonas metropolitanas del país, debe también cumplir con los mismos parámetros de contenido de azufre que la gasolina Premium (30 ppm promedio/máximo 80), situación que se cumple, en al menos, una de las tres zonas metropolitanas.

Respecto al resto del país, la norma indica que se debe de consumir gasolina magna (UBA), desde enero de 2009, hecho que se ha pospuesto dado el retraso en las licitaciones de las plantas de postratamiento y modernización de Pemex. Esta situación, por supuesto, hace que la gasolina magna que se continúa consumiendo en el resto del país, contenga 350 ppm en lugar de 30 que marca la norma 086, con sus respectivas consecuencias en la emisión de oxido de nitrógeno y otras partículas contaminantes que dañan la salud y el ambiente.

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 con 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 de 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.²

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 refineras de Pemex son 15.6 MBD, como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4
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: *Op cit.*

2. 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 eteres (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 TAME que se produce en México por ETBE (Etil Terbutil Éter) y TAE (Teramil Etil Éter).

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 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, y comercialización, entre otros.

Tomaremos 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).³

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 de 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 5 y gráfica 1.

Cuadro 5
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	
	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

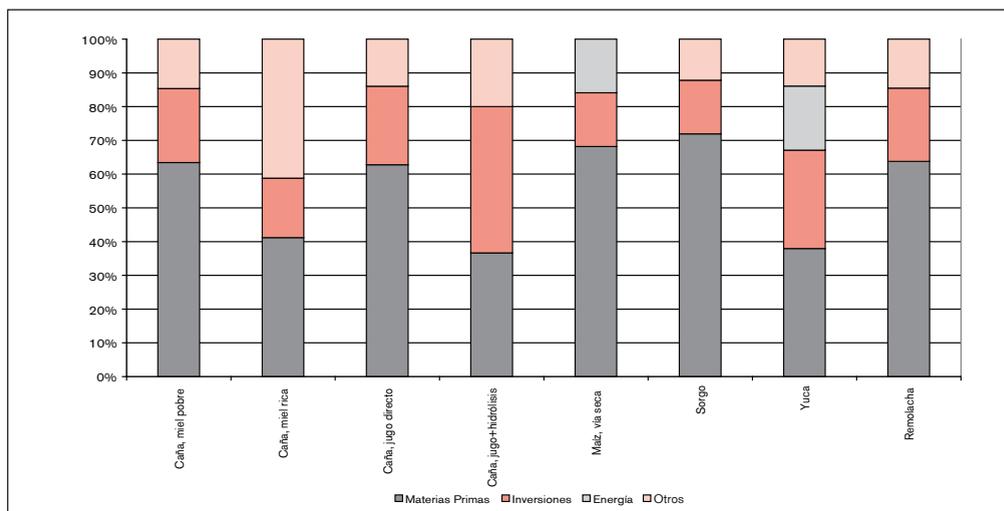
Fuente: elaboración propia en base a Horta Nogueira Luiz Augusto; Task 5, Ethanol and ETBE production and end-use in México; 2006.

3. Luiz Augusto Horta Nogueira; Task 5: "Ethanol and ETBE production and end-use in Mexico", 2006.

Gráfica 1

Estructura de costos de la producción de ETANOL

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



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, al utilizar los cultivos ya señalados y combinándolos con las distintas tecnologías disponibles y los diversos métodos conocidos, la caña de azúcar miel pobre representa 65% del costo total; la caña de azúcar miel rica, 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 por ciento.

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 para México, ya que, además de ser deficitario en ese grano, el precio internacional muestra inestabilidad a la alza, provocados, en parte, por el desvío de un mayor volumen de maíz hacia la producción de etanol en Estados Unidos.

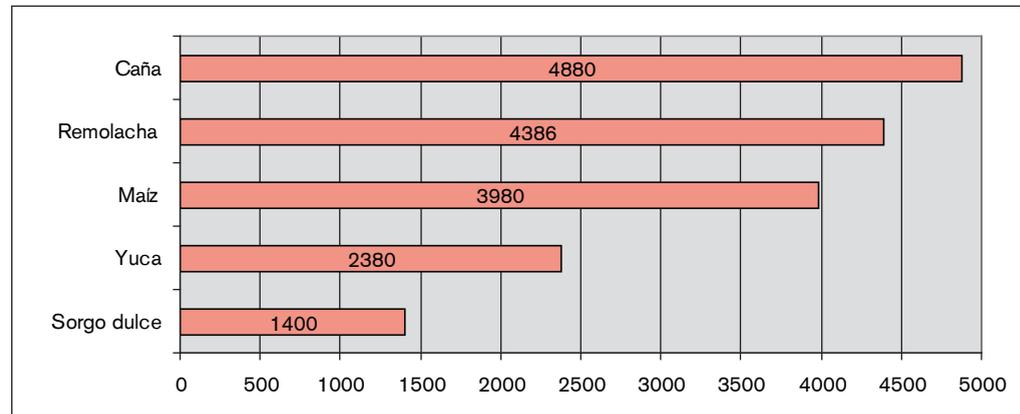
Ese país está produciendo etanol a base de maíz, fundamentalmente por las siguientes cuatro razones: Primero, es un país superavitario en la producción de maíz, y por tanto, exportador neto de ese grano, mientras México es deficitario en el mismo renglón. Segundo, la productividad promedio del cultivo es mayor, mientras Estados Unidos observa valores de 10 toneladas por hectárea, México obtiene 3 toneladas por hectárea (nacional). Tercero, tiene costos de producción menores que México. Y cuarto, los apoyos y subsidios en Estados Unidos al cultivo de maíz son mayores que en México.

En el caso de la caña de azúcar, México también tendría que irse despacio, ya que existen fuertes distorsiones en el mercado de la caña debido, a 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 masificando 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 la gráfica 2, en la cual se concluye que la mayor productividad para producir etanol lo genera la caña de azúcar, enseguida la remolacha y después el maíz.

Gráfica 2
Productividad industrial del ETANOL (líteros hectáreas)

Fuente: *Op cit.*



II.3 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 2002/2003, se produjeron 39.2 millones de litros de etanol (96° GL).

El etanol anhidro tiene principalmente dos usos: como materia prima para oxigenar las gasolinas y como sustituto de las mismas, previa combinación en diferentes porcentajes. Por tanto, estimar la demanda es una cuestión que está íntimamente relacionada con el volumen de MTBE y TAME susceptible de ser sustituido, y del porcentaje que Pemex decida combinarlo, pero que además, sea viable técnica, económica y socialmente.

Suponiendo que Pemex decida primero usarlo como materia prima para oxigenar las gasolinas, la demanda tiene que ver con las decisiones que tome el consumidor único del etanol: Petróleos Mexicanos.

Entonces, estamos ante un mercado que no existe y donde el posible consumidor es uno sólo, aunque posteriormente se desdoble en muchos consumidores a través de la

venta final del combustible en las estaciones de servicio. Por tanto, se trata de suministrar un insumo en un *mercado monopsonico*, por lo que la libre oferta y demanda no existe.

El precio final de la gasolina lo determina el monopolio estatal, Pemex, y la SHCP, teniendo como referencia el precio internacional y las condiciones económicas y sociales del país. El etanol en el corto plazo, por tanto, es una *demanda derivada* de la cantidad de oxigenantes que se requieran; y en el mediano plazo, está en función 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, y una vez cuantificada la demanda de oxigenantes utilizados actualmente, vamos a revisar el volumen de gasolinas consumidas en México y sus tendencias. La idea es precisar la demanda de los años recientes y proyectar su consumo futuro, para de ahí derivar la demanda total de etanol en México.

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 por ciento.

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 suponemos se pretende sustituir primero con etanol (ETBE). (Ver gráfica 3).

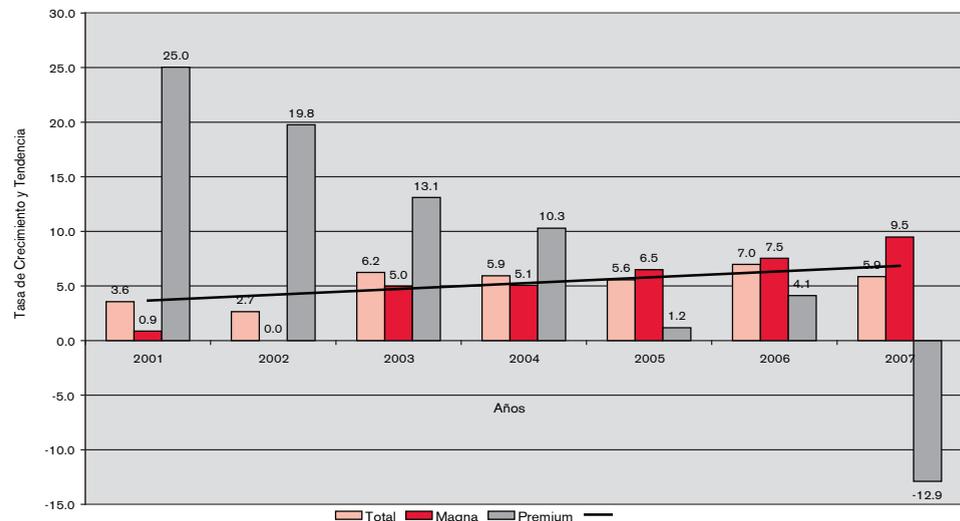
Dicho lo anterior, y tomando en cuenta las proyecciones de crecimiento en la demanda de

Gráfica 3

México: Tasas de crecimiento de las ventas internas de gasolinas

Fuente: elaboración propia en base a Indicadores de Pemex (agosto 2008); www.pemex.com

Nota: un barril equivale a 42 galones o 159 litros.



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:

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

Escenario 2: sustitución total de los éteres derivados del petróleo por etanol a 5.7%, respetando las exigencias de oxigenación de 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 de 3.5% en peso, porcentaje más común en los países que utilizan etanol.

Bajo una serie de supuestos, entre los que destaca una tasa de crecimiento en el consumo de gasolina de 3%, una oxigenación de la misma de 2% en peso y tomando los valores para el 2005 (producción nacional e importado de oxigenantes, proporciones de MTBE de 11% y ETBE de 12.5% en las gasolinas), el estudio determinó la demanda potencial de etanol para cada uno de los escenarios descritos, para el año 2010 (ver cuadro 6).

Cuadro 6 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 TAE, 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.4 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 el 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 descendente, 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 7, los precios internacionales del etanol han venido aumentando, y su punto de inflexión lo tendrá en el ciclo 2009/10 a un valor de 55.6 dólares por hectolitro; y a partir de ahí, empezará a disminuir paulatinamente para estacionarse alrededor de 51 dólares por hectolitro para el 2017/18.

Cuadro 7
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.

De esta forma, 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 las 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).

Desde la óptica del consumidor primario (Pemex), existe otro precio de indiferencia. Como el etanol es una materia prima que se utiliza para producir oxigenantes (ETBE y TAE), 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, 50% de los oxigenantes que requiere, por lo que tendría, además del anterior, otro precio de indiferencia.

Por lo tanto, 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 cada uno de ellos.

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 consuma 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”.⁴

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.⁵

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.

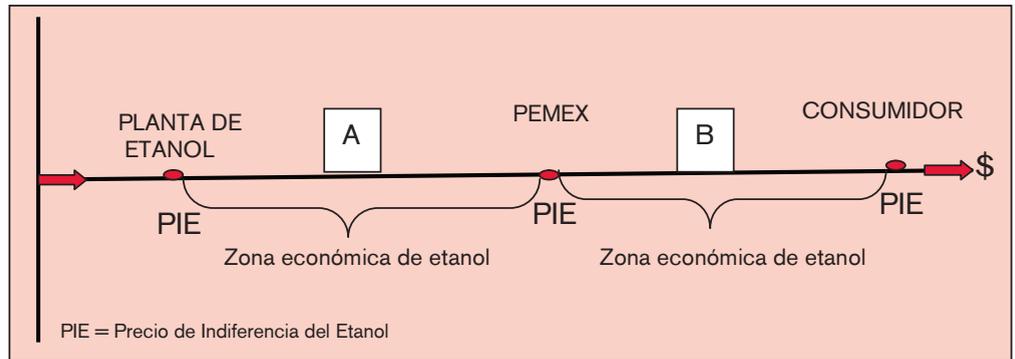
4. *El Financiero*, 14 de julio de 2008, sección de negocios; p. 19.

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

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 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 (automovilista), 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 1. 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.

Diagrama 1
Zona económica en la que se produce ETANOL
Precios de Indiferencia



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 8).

Cuadro 8
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: *op 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 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, 5.5 millones de toneladas de azúcar al año, y el consumo gravita alrededor de 5 millones, por lo que dejar de producir azúcar para producir etanol, sin aumentar la superficie sembrada de caña, 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.

III. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos

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 Recurso Naturales (Semernat); 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”.⁶

En México somos deficitarios en la producción de maíz, 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 atribuciones: 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”.⁷

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”.

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

7. *op cit*, artículo 12, fracción III.

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.

III.1 Programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico (proinbios)

Este 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”.⁸

El programa plantea desarrollar los bioenergéticos a través de numerosas 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 2% en peso.⁹

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 biomasa? 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 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.

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

9. 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).

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.

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 sucede;¹⁰ 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, 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 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.

IV. Conclusiones

De la revisión realizada 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 TAAE. 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

10. 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”.

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).

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 65% del costo total; la caña de azúcar miel rica 40%; la caña jugo directo 63%; la caña jugo más hidrólisis 37%; maíz vía seca 68%; sorgo 72%; yuca 38%; y remolacha 64 por ciento.

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.

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 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 Estados Unidos, 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 otras. 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.

En México se ha venido 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

Bibliografía

- Amador Villalpando, Octavio A., "Biocombustibles: una mirada a la coyuntura de 2007", revista *Economía Informa*, Facultad de Economía, UNAM, vol. 350, enero-febrero 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*.
- Cámara de Diputados, 2001, "Ley de Desarrollo Rural Sustentable".
- _____, 2005, "Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar".
- _____, 2008, "Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos".
- Coyle, William, "The future of biofuels a global perspective", *Ambers Waves, The Economics of Food, Farming, Natural Resources, and Rural America*, November (2007).
- OECD-FAO, 2008, *Agricultural Outlook 2008-2017*.
- Sagarpa, 2008, "Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y Desarrollo Científico y Tecnológico".
- Sener 2007, Programa Sectorial de Energía 2007-2012.
- _____, 2008, Programa de Introducción de Bioenergéticos.
- _____, 2008, *Prospectivas de Petrolíferos 2008-2017*, México D. F.
- Trindade, Sergio C., "Factores determinantes para el desarrollo de biocombustibles en Brasil y Estados Unidos y sus implicaciones para México", seminario: retos para el desarrollo de biocombustibles en México", 14 de mayo de 2007, México.

de 2008; una NOM 086, publicada el 30 de enero de 2006; a partir de las cuales se deriva una serie de programas, comisiones y reglamentos, entre las que se encuentra la Comisión de Bioenergéticos, el Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológicos, y el Programa de Introducción de Bioenergéticos.

La meta de los dos últimos programas 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 a 2% en peso.

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 y que Jalisco cuenta con el potencial productivo para abastecerlas.

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 sucede y segundo, por que los análisis realizados sobre la materia, hasta la fecha, revelan una viabilidad menor para el maíz, en comparación con la caña de azúcar y la remolacha.

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 

