



**EL SECTOR DE BIOCOMBUSTIBLES EN  
SINALOA:  
DIAGNÓSTICO, PROSPECTIVA Y ESTRATEGIA**

Culiacán, Sinaloa  
Febrero de 2007

## Índice

<b>Resumen Ejecutivo</b>	2
<b>1. Introducción</b>	5
<b>2. Diagnóstico</b>	5
2.1 Cadena de valor y estructura del mercado	7
2.2 La situación mundial	9
2.3 La situación en México	11
<b>3. Prospectiva</b>	13
3.1 Factores de éxito en la industria	13
3.2 Factores de incertidumbre	14
3.3 Tendencias y escenarios futuros	15
<b>4. Estrategia</b>	16
4.1 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas	16
4.2 Estrategias y líneas de acción	18
<b>Bibliografía</b>	21

## **Resumen Ejecutivo**

En varios países se están implementando instrumentos de fomento a los bioenergéticos (concretamente al etanol para su uso como mezcla en la gasolina en diferentes proporciones o como combustible por sí solo), como una alternativa energética viable para reducir la dependencia del petróleo, abaratar el costo de la energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las tecnologías para producción de etanol han sido refinadas y modernizadas en años recientes. La nueva industria en auge ya es capaz de obtener etanol eficientemente de caña de azúcar (Brasil a US\$0.2 / litro), maíz (EEUU a US\$0.35 / litro), sorgo, remolacha (UE a US\$4.8 / litro), trigo (UE a US\$0.62 / litro) o papa.

Existe una amplia controversia sobre la conveniencia ambiental del etanol y la eficiencia de su proceso de producción. Sin embargo, los estudios más recientes señalan que el etanol produce más energía de la que se consume en su proceso de producción, por lo que su balance neto es positivo (se utiliza menos petróleo que en la producción de gasolina).

## **Cadena de Valor**

La industria productora de etanol no es intensiva en mano de obra pero requiere personal calificado con remuneraciones mayores al promedio, necesita servicios y productos realizados por terceros (investigación, desarrollo de tecnologías decultivo y producción, químicos industriales, electricidad, agua, gas natural, servicios de gestión tecnológica, empresarial y legal).

También es importante destacar que del proceso de producción de etanol se obtienen subproductos comerciales como los granos destilados secos y solubles (DDGS), un alimento de alta calidad para el ganado, y CO<sup>2</sup> para uso industrial.

## **La Situación en México**

La inversión en producción de etanol no encuentra en nuestro país, por el momento, barreras de entrada significativamente altas por lo que se puede esperar el surgimiento de varios proyectos de inversión en varias regiones, además de los proyectos que existen en Sinaloa.

La propuesta de Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos se encuentra en la Cámara de Diputados para la realización de modificaciones. Esta ley promovería el uso doméstico de bioenergéticos para contribuir con la autosuficiencia energética, impulsaría la producción agrícola y el empleo productivo en el sector, y fomentaría a la creación de cadenas productivas relacionadas con los biocombustibles.

La forma final que tome esta ley, será un factor determinante en el desarrollo de un mercado nacional y del sector productivo (aunque los proyectos actuales estén orientados a la exportación).

## **Factores que Inciden en la Industria**

Para que los proyectos de producción sean viables, requieren costos bajos de la materia prima, creación de economías de escala en toda la cadena productiva y precios del etanol por arriba de US\$0.55 por litro.

Es fundamental el apoyo político a los programas de etanol y la implementación de políticas gubernamentales para fomentar el uso de los nuevos combustibles y reducir el riesgo de la variabilidad en los precios de los insumos (directos e indirectos) y del producto final (que está vinculado al precio de la gasolina).

También es necesario que la industria se mantenga al día con los avances tecnológicos que reducen costos, aumentan la eficiencia de producción y exploran el uso de cultivos que no compiten con la alimentación (etanol de celulosa).

Algunos analistas señalan que la rentabilidad de los combustibles alternativos está en entredicho si la industria no cuenta con subsidios, sobre todo con el alza del costo de las materias primas y la reducción del precio del petróleo.

## **Análisis FODA y Estrategia Para Sinaloa**

### **Fortalezas**

Disponibilidad de maíz (excedentes) y sorgo; condiciones favorables para multiplicar la producción de granos; apoyo político federal y del gobierno estatal; e interés por parte de inversionistas

### **Oportunidades**

Contribuir al desarrollo y diversificación de la economía de Sinaloa, generando empleos directos e indirectos; la posibilidad de liderar la transición energética nacional; crear la nueva cadena de valor para comercializar los productos agrícolas con valor agregado; el mercado regional y nacional del afrecho de grano destilado para contribuir con el desarrollo de la industria pecuaria; y proporcionar mayores opciones de comercialización a los productores de maíz y sorgo.

### **Debilidades**

Falta de un adecuado desarrollo tecnológico local; y los rezagos estructurales del campo mexicano que impiden el aprovechamiento de economías de escala en la producción.

### **Amenazas**

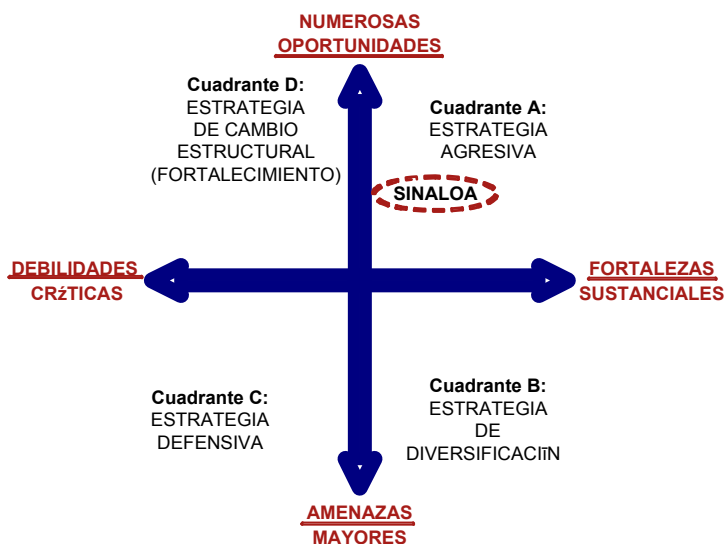
Competencia entre la producción de maíz para fines alimentarios y energéticos; resistencia de influyentes grupos políticos, académicos y ambientalistas que

---

argumentan en contra de la conveniencia del etanol producido con maíz como una alternativa energética sustentable; posible resistencia por parte de PEMEX a la introducción del etanol en las gasolinas; resistencia por parte de los consumidores ante el temor de que dañe los motores y afecte su desempeño; tardanza en la implementación de un marco legal; y peligro de que la “burbuja del etanol” estalle.

De acuerdo con el análisis FODA, Sinaloa es una de las regiones que cuenta con fortalezas decisivas y presenta numerosas oportunidades para explotar el desarrollo del sector de biocombustibles. Resulta evidente también, que la industria presenta una serie de amenazas propias de una industria incipiente cuyas tecnologías, regulaciones y condiciones de mercado evolucionarán de manera vertiginosa en los próximos años.

El estado debe iniciar una estrategia de entrada y fortalecimiento del sector, sin dejar de prever las acciones necesarias para adaptar a futuro la nueva industria para sortear las amenazas que presenta el entorno y las debilidades compartidas con el resto del país (cuadrante A de la figura anexa).



**Figura.** Análisis FODA y estrategias correspondientes

Si en Sinaloa se decide incursionar de manera decisiva a esta industria, se recomiendan algunas líneas de acción:

- Evaluar a profundidad las fuentes alternativas de producción de etanol, así como las tecnologías existentes.
- Realizar análisis de riesgo para la evaluación y consideración de proyectos de inversión.
- Gestionar activamente el contenido y la aprobación de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.
- Desarrollar las áreas de inteligencia comercial y tecnológica.
- Fomentar la asociatividad de los productores a lo largo de la cadena de valor para enfrentar con éxito los factores del mercado.

## 1. Introducción

El propósito fundamental de este reporte es presentar de forma resumida y sintética la información más relevante sobre el sector de biocombustibles con el fin de que ésta pueda ser utilizada por los miembros del Consejo para el Desarrollo Económico de Sinaloa (CODESIN) como guía para la discusión y la toma de decisiones. Dentro del ámbito de los biocombustibles nos restringimos al caso del etanol.

Los datos e información se organizan alrededor de tres rubros: *diagnóstico* (en donde se presenta una breve panorámica de la situación a nivel nacional e internacional); *prospectiva* (que aborda algunos elementos para estimar el potencial de desarrollo futuro); y *estrategia* (en donde, en base a la identificación de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas específicas a Sinaloa, se delinean algunas estrategias posibles y líneas de acción a seguir).

Este reporte debe considerarse como un primer acercamiento al estudio del tema, por lo que no pretende ser un análisis exhaustivo sobre la factibilidad económica, política o técnica de un proyecto específico o un análisis de riesgo del mismo. Estos estudios de mayor profundidad y alcance constituyen la continuación lógica de este esfuerzo inicial.

## 2. Diagnóstico

Los objetivos de reducir la dependencia del petróleo, abaratar el costo de la energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, han hecho que varios países vean al etanol como una alternativa energética viable y, como consecuencia, han implementado programas e instrumentos de apoyo al sector. Entre ellos se encuentran los Estados Unidos, principal productor del biocombustible.

El etanol presenta varias ventajas: es limpio, renovable, y ayuda a reducir las emisiones de carbono. Además, es barato cuando se le produce de forma eficiente.<sup>1</sup> Es versátil y puede sustituir la gasolina en vehículos con motores que pueden utilizar más de un combustible, o bien se puede mezclar con gasolina en motores convencionales.

En Brasil, sin duda el país con la mayor experiencia en la producción de etanol, éste es producido a partir de la sacarosa obtenida de la caña de azúcar. En ambientes más templados, sin embargo, resulta más económico usar almidón, generalmente proveniente de maíz o sorgo como materia prima. A diferencia de la sacarosa, el almidón previamente debe ser descompuesto a azúcares fermentables utilizando enzimas de fuentes microbianas. El desarrollo de nuevas enzimas puede ayudar a la industria a mejorar los rendimientos obtenidos.

---

<sup>1</sup> De acuerdo a una investigación de América Economía, en Brasil los costos de producción están por debajo de US\$1 por galón.

### La producción de etanol

El proceso de producción de etanol ha sido refinado y modernizado en años recientes, ganando en eficacia. El proceso varía ligeramente para cada uno de los tres usos principales del etanol (bebidas, industrial y combustible), pero los pasos principales son los mismos.

La mayoría del etanol producido en los Estados Unidos está hecho a partir del grano de maíz, pero también puede ser producido a partir de otros insumos como el sorgo, trigo, cebada, papa o remolacha. Brasil, el principal productor mundial junto a los Estados Unidos, lo produce a partir de caña de azúcar.

Para la producción de etanol a partir de maíz hay dos métodos primarios: la molienda seca y la molienda húmeda. La mayoría del etanol producido en los Estados Unidos proviene del proceso de molienda seca.

Ambos procesos incluyen esencialmente los mismos pasos: el preparado de la materia prima, la fermentación de los azúcares simples, la recuperación del alcohol y de los subproductos que van generándose. Los procesos se diferencian en la preparación del grano para la molienda y la posterior fermentación.

La elección de uno u otro sistema de producción implica la obtención de un determinado conjunto de derivados o subproductos. Del proceso de molienda seca además del etanol se obtienen los granos destilados secos y solubles (DDGS) que son un alimento de alta calidad para el ganado. Del proceso de molienda húmeda, junto con el etanol, se obtiene: aceite de maíz, gluten feed y gluten meal. Estos últimos también se utilizan como alimento para animales.

A pesar de las bondades ampliamente publicitadas del etanol, éste cuenta con algunos detractores dentro de la comunidad ambientalista. Debido a que es menos estable que otros aditivos de la gasolina, en el verano tiende a evaporarse más fácil y puede contribuir así a la formación de mayores niveles de smog. Con respecto a la polémica sobre cuánta energía requiere la producción de etanol, una reciente revisión de la evidencia disponible señala que el etanol produce ligeramente más energía que la que consume, por lo que su balance energético neto es positivo. En otras palabras, producir etanol a partir de maíz utiliza mucho menos petróleo que producir gasolina.<sup>2</sup>

A continuación se introduce la cadena de valor de la producción de etanol así como un breve panorama de la situación internacional y en el país.

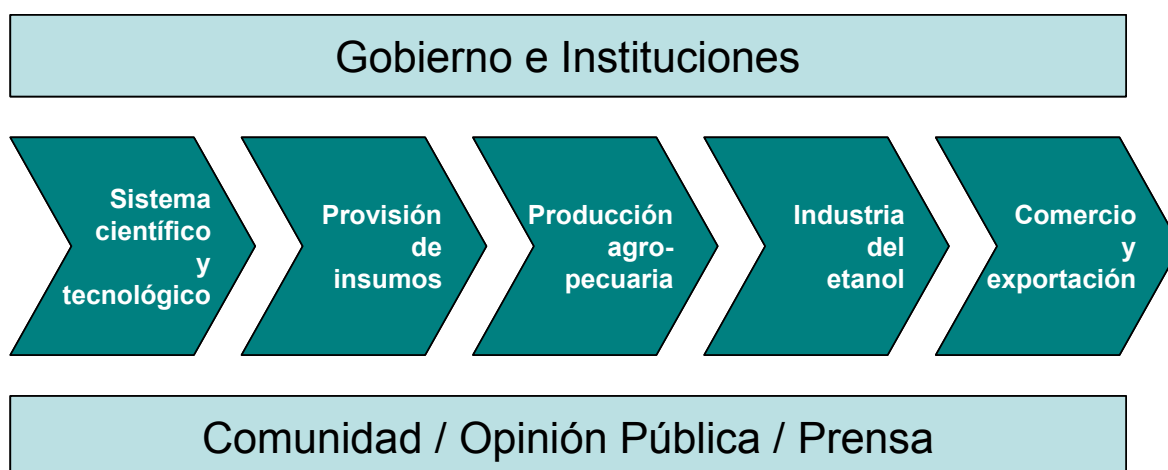
---

<sup>2</sup> Esto de acuerdo a los resultados de un completo estudio realizado en la Universidad de California en Berkeley (Farrell *et al.*, 2006).

## 2.1 Cadena de valor y estructura del mercado

Al ser una industria con alto grado de automatización y tecnología en sus procesos no requiere de una gran cantidad de personal directo; sin embargo, el personal debe ser calificado, siendo sus remuneraciones mayores al promedio. Además, cada planta requiere para su funcionamiento de servicios y productos realizados por terceros, lo cual se traduce en una demanda creciente para otras industrias y profesiones independientes. Las plantas de etanol son grandes consumidoras de productos químicos industriales, electricidad, agua, gas natural, servicios de gestión tecnológica, empresarial y legal.

La cadena de valor de la producción del etanol puede representarse como se indica en la Figura 1 a continuación.



**Figura 1.** La cadena de valor del etanol

Como se puede observar, la cadena inicia con los servicios prestados por el sistema científico y tecnológico que incluye a universidades, centros de investigación, y empresas que se encargan de actividades cruciales para el resto de los eslabones tales como:

- Desarrollo de prácticas de cultivo de maíz y sorgo para aumentar la productividad y ser posteriormente industrializados en etanol.
- Investigación en biotecnología del maíz, así como en bacterias y enzimas para el proceso industrial.
- Investigación en la llamada 2<sup>a</sup>. generación de biocombustibles (fermentación de celulosa, pirólisis).
- Investigación en el uso de etanol como combustible en motores diesel.

Este eslabón de la cadena se encuentra evidentemente relacionado a la provisión de insumos (enzimas, bacterias, y otros) así como a la producción agropecuaria. Finalmente, posterior a la producción del etanol le siguen las



actividades de comercialización y exportación. Además de los cinco eslabones discutidos, se ilustra también el rol que el gobierno tendrá en el desarrollo de la cadena a través de programas específicos de apoyo y el establecimiento de un marco regulatorio que aliente la inversión y proporcione certidumbre. De la misma forma, la comunidad, la opinión pública y la prensa también ejercerán influencia al determinar el grado de aceptación del nuevo combustible.

En México la industria de la producción de bioetanol se encuentra en proceso de estructuración y consolidación con varios proyectos (con diferente grado de avance) para la instalación de plantas productoras en varios estados del país. Las barreras de entrada no son significativamente altas (la tecnología involucrada es madura y los montos de inversión son moderados), por lo que se puede esperar el surgimiento de otros proyectos de inversión.

En los Estados Unidos, aun cuando el mercado se encuentra en estado fluido en términos de la instalación de nuevas plantas, los 12 productores más importantes de etanol controlan casi el 50% del mercado. La Tabla 1 muestra la participación del mercado de estos productores, en donde se observa que la principal empresa controla casi una cuarta parte del mismo.

**Tabla 1.** Los 12 principales productores de etanol en los Estados Unidos

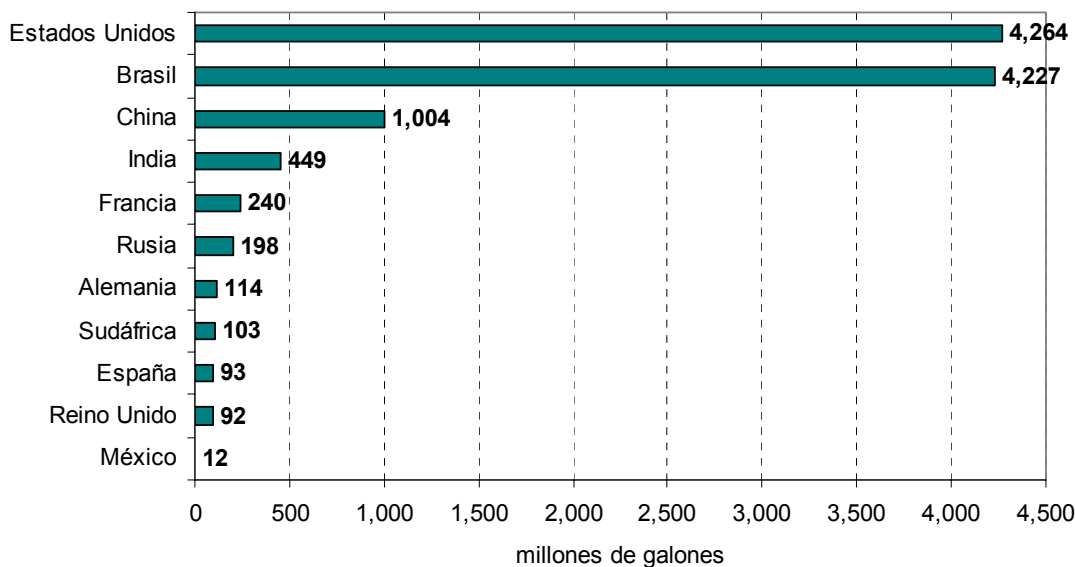
Productor	Capacidad <sup>1</sup> (millones de galones/año)	Número de plantas	Participación del mercado (%)
1. Archer Daniels Midland	1,070	7	24
2. VeraSun	230	2	5
3. Aventine Renewable Energy	150	2	3
4. Cargill	120	2	3
5. Abengoa Bioenergy	110	3	2
6. Hawkeye Renewables	105	2	2
7. New Energy	102	1	2
8. Midwest Grain Processors	100	1	2
9. MGP Ingredients	78	1	2
10. Tate & Lyle	67	1	1
11. Chief Ethanol	62	1	1
12. Sioux River Ethanol	55	1	1

(1) Hasta marzo de 2006

Fuente: The New York Times

## **2.2 La situación mundial**

En la última década se ha duplicado la producción de etanol a nivel mundial, producto del creciente interés por este producto por razones ambientales y energéticas. La industria del etanol como combustible encuentra su máximo desarrollo en dos países: Brasil y Estados Unidos. En el 2005 la producción mundial de etanol ascendió a 12,150 millones de galones. México se ubicó en el lugar 27 contribuyendo con tan sólo 0.1% del total. La Figura 2 muestra a los diez principales productores.



Fuente: F.O. Licht

**Figura 2.** Principales productores de etanol, 2005

Sin duda el país que se encuentra a la vanguardia es Brasil, en donde se ha producido etanol a partir de la caña de azúcar desde la década de los setentas. Los Estados Unidos, por otro lado, disputan ya la supremacía en el sector. La administración Bush ha delineado las pautas de su política energética que incluye, entre otras medidas, expandir el uso de combustibles alternativos renovables como el etanol con el fin de reducir en 20% el consumo de gasolina para la próxima década. Asimismo, a través del *Energy Policy Act* de 2005, se ha impuesto el objetivo de usar 7,500 millones de galones de combustibles renovables para el 2012, y se espera que la mayor parte provenga del etanol. Estas y otras iniciativas a nivel estatal han aumentado considerablemente la demanda por el biocombustible.

Hasta diciembre del 2006, Estados Unidos contaba con 116 plantas de producción de etanol y otras 79 en construcción. El auge en el sector ha alcanzado una magnitud tal que en el 2006, el 20% de la producción de maíz se destinó a producir etanol.<sup>3</sup>

En el último par de años se ha producido una avalancha de inversiones hacia el sector de la energía alternativa debido al auge de los fondos de cobertura y otros vehículos de inversión que se concentran en industrias de alto rendimiento. A la par, los subsidios a la industria son cada vez más comunes. China, Brasil y

<sup>3</sup> Lester Brown, director del Earth Policy Institute, estima que para el 2008, la mitad de la producción de maíz se destinará a etanol, por lo que llama a implementar una moratoria a la construcción de nuevas plantas (debido a los impactos que esta tendencia tendría en el mercado alimentario mundial) tal como la que anunció China (el tercer productor mundial) en diciembre pasado.

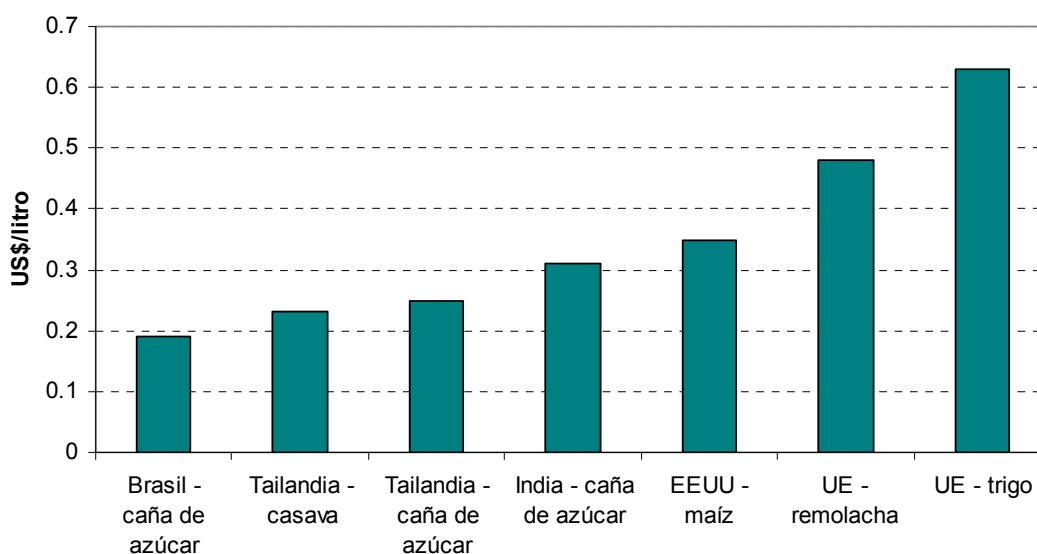
varios países europeos, entre otros, han adoptado o contemplan nuevos incentivos a la producción de biocombustibles. Varios países cuentan con programas e iniciativas para incentivar el consumo y producción de etanol, tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Programas de etanol a nivel mundial

<b>País</b>	<b>Programa</b>
<b>Brasil</b>	Es obligatoria la mezcla de etanol al 25% con la gasolina. Ofrece incentivos fiscales para los productores de este combustible.
<b>Argentina</b>	Prevé la mezcla del etanol al 5% con la gasolina en los próximos cinco años.
<b>Tailandia</b>	Toda la gasolina vendida en Bangkok debe contener 10% de etanol.
<b>India</b>	La gasolina vendida debe incluir 5% de etanol.
<b>Australia</b>	Recomienda la venta de gasolina con 10% de etanol a todos los distribuidores.
<b>Gran Bretaña</b>	Subsidia la venta de etanol a 36 céntimos el litro.
<b>Unión Europea</b>	Los biocombustibles representan ya el 2% del mercado de combustibles. Está previsto por ley que en 2010 sean al menos el 5.75% ciento.
<b>Suecia</b>	Pretende ser en 2015 una economía libre de petróleo, por lo que incentiva la producción y consumo de etanol elaborado a partir de celulosa. Actualmente el etanol representa el 5% de su mercado.
<b>Estados Unidos</b>	Prevé aumentar el consumo de energías renovables en 80% en siete años. Otorga exenciones fiscales a las gasolineras que distribuyan hasta 300 mil dólares de etanol.
<b>Canadá</b>	Existen beneficios fiscales para los productores de etanol (dependen de mandatos provinciales).

Fuente: RFA (2006) y otras fuentes.

Del mismo modo, cada país utiliza diferentes insumos en la producción de etanol logrando, de acuerdo a la tecnología utilizada, diferentes costos de producción. La Figura 3 muestra los costos de producción de algunos países. Como se puede observar, de la selección incluida, Brasil presenta los costos de producción más bajos utilizando caña de azúcar al ubicarse por debajo de US\$0.2 por litro. Dichos costos pueden aumentar hasta US\$0.6 utilizando trigo en la Unión Europea. La selección del cultivo a utilizar en cada país dependerá de la ventaja comparativa del mismo en la explotación de las diferentes alternativas.



Fuente: F.O. Licht

**Figura 3.** Costos de producción de etanol, 2004

### 2.3 La situación en México

En 2006 se formalizaron los contratos de los dos primeros proyectos de producción de etanol en México a los que se vincularan productores de maíz y sorgo de Sinaloa. Se tiene previsto que el proyecto de Mexstarch arranque a finales de 2007 con una capacidad de 15 millones de galones mientras que la planta de Destilmex produciría el doble a partir de mediados de 2008.<sup>4</sup>

En México las materias primas factibles (en un principio) para su utilización en la producción de etanol son la caña de azúcar, el maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera, ya que se cultivan en el país y cuentan con tecnologías maduras existentes.<sup>5</sup> La Tabla 3 muestra las tres principales alternativas (en lo que a materia prima se refiere) en México.

<sup>4</sup> De acuerdo a reportes periodísticos.

<sup>5</sup> De acuerdo al análisis de SENER(2006). Cabe notar que dicho reporte considera a la caña de azúcar como el cultivo más promisorio para la producción de bioetanol en México, aunque otros estudios y analistas disputan esta elección debido a las relaciones laborales conflictivas y frecuentes intervenciones oficiales en el sector.

**Tabla 3.** Alternativas en México para la producción de etanol

<b>Materia prima</b>	<b>Comentarios</b>
Caña de azúcar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso simple con buen rendimiento (55 litros/tonelada de caña).</li> <li>• Problemática política del sector en México.</li> <li>• Es un cultivo que no es de importancia en Sinaloa y logra baja productividad en la región.</li> </ul>
Maíz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías alternativas disponibles (molienda seca o húmeda) con altos rendimientos (370-390 litros/tonelada de maíz).</li> <li>• Sinaloa es el principal productor a nivel nacional y cuenta con excedentes de hasta 2 millones de toneladas al año.</li> <li>• Controversia sobre la importancia que deben tener los usos alimentarios y energéticos del grano.</li> </ul>
Sorgo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el segundo cultivo en importancia en el país (después del maíz).</li> <li>• Es más barato que el maíz (un 10-15%).</li> <li>• Teóricamente presenta el mismo rendimiento que el maíz por tener contenidos similares de almidón (aun cuando es más difícil extraer e hidrolizar el almidón del sorgo).</li> <li>• Sinaloa tiene condiciones favorables para lograr alta productividad en este cultivo en tierras de riego y temporal.</li> </ul>

Fuente: ITESM (2006)

Una medida legislativa que puede presentar un importante impacto en el desarrollo del sector es la propuesta de Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Entre los objetivos de esta propuesta de Ley se encuentran:

- Promover y desarrollar el uso de los bioenergéticos como elementos clave para contribuir a lograr la autosuficiencia energética del país a través del uso de energías renovables.
- Impulsar la producción agrícola y el empleo productivo a partir de la bioenergía.
- Fomentar la creación de cadenas productivas relacionadas con los biocombustibles.

La aprobación definitiva de la misma se encuentra pendiente, aun cuando cuenta con el respaldo de la SAGARPA; su titular, Alberto Cárdenas, impulsa que su aprobación se dé antes de abril (con el fin de que se encuentre lista antes de la concreción de un Pacto Rural 2006-2012 previsto para mayo).

Esta Ley ya había sido aprobada en primera instancia por los diputados en febrero y después por el Senado en abril del año pasado pero fue regresada a la Cámara de Diputados para la realización de modificaciones. En la versión aprobada inicialmente se establecía el uso de 10% de etanol en las gasolinas que se consumieran en los principales centros urbanos del país, pero este porcentaje

se redujo posteriormente a propuesta de PEMEX.<sup>6</sup> Esta medida ayudaría a sustituir el MTBE (metil terbutil éter), un químico contaminante utilizado para oxigenar las gasolinas.

### **3. Prospectiva**

Con el fin de proporcionar elementos para la evaluación de las prospectivas de desarrollo del sector, a continuación se discuten brevemente los principales factores de éxito en la industria, los factores de incertidumbre, y las posibles tendencias.

#### **3.1 Factores de éxito en la industria**

Los principales factores de éxito para los participantes en la industria identificados se resumen a continuación:

- Como es de esperarse, la rentabilidad de las plantas productoras de etanol se ve incrementada si éstas se sitúan en áreas con amplia disponibilidad de materia prima a bajo precio, una excelente red de transporte, y fácil acceso a gas natural y servicio eléctrico como fuentes energéticas del proceso. Asimismo, la disponibilidad de agua es otro insumo de importancia.
- De acuerdo a un estudio de factibilidad desarrollado por la Secretaría de Energía (SENER, 2006), la viabilidad económica de un proyecto de producción de etanol requiere una disminución del costo de la materia prima (que domina los costos de producción), un aumento de la escala productiva (para aprovechar las economías de escala), y precios del etanol por arriba de US\$0.55 por litro.
- El desarrollo tecnológico es un factor relevante para determinar el éxito de un proyecto de producción de etanol, ya que los nuevos avances tienen el potencial de reducir costos y aumentar la eficiencia de producción. Avances en el desarrollo de enzimas y de control de procesos contribuyen a mejorar la eficiencia de operación de las plantas de etanol. Como ejemplo de ello, el año pasado, la armadora japonesa Honda e investigadores de ese país desarrollaron tecnología para fabricar etanol a partir de plantas no comestibles (en lugar de maíz y otras semillas o caña); no obstante, aun se requerirán de 2 o 3 años para la implementación práctica y aplicación comercial de este método.<sup>7</sup>
- Por último, el apoyo político a los programas de etanol es fundamental. Prácticamente en todos los países que cuentan con producción de etanol los productores gozan de apoyos del gobierno en varias modalidades. Este

---

<sup>6</sup> En Brasil este valor es de 25%. 43 millones de automóviles utilizan esta mezcla y 3 millones de vehículos sólo utilizan etanol como combustible.

<sup>7</sup> Noticia reportada por *Bloomberg* el 15 de septiembre de 2006. El anuncio del descubrimiento causó un alza del 2.7% de las acciones de Honda en la Bolsa de Tokio.

apoyo se torna más relevante si se considera la variabilidad existente en los precios de los insumos utilizados y del producto (como se discute en la siguiente sección).

### **3.2 Factores de incertidumbre**

Como en todos los agro-negocios, las plantas de etanol enfrentan incertidumbre y riesgo en variables económicas tales como el precio de los insumos, el precio del producto, los costos de combustible, la tasa de inflación, y las tasas de interés. De esta forma, la volatilidad de precios domina la industria. La Tabla 4 muestra los valores promedio, mínimo y máximo de los precios del etanol, maíz y sorgo en los Estados Unidos para el periodo 1992-2003, en donde se aprecia el amplio rango de variación y la importancia de considerar esta incertidumbre en la planeación de nuevos proyectos de inversión en el sector.

**Tabla 4.** Estadísticas de precios mensuales de productos e insumos en los Estados Unidos durante 1992-2003

	<b>Unidad</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Etanol</b>	US\$/galón	1.22	0.90	1.77
<b>Maíz</b>	US\$/bushel	2.42	1.68	4.84
<b>Sorgo</b>	US\$/bushel	2.11	1.33	4.31

Fuente: Coltrain *et al.* (2004).

- El precio del etanol en los Estados Unidos ha cambiado de menos de un dólar por galón hace dos años a más de US\$3.60 en el 2006, lo cual refleja un grado significativo de variabilidad.
- El precio del etanol está vinculado al precio de la gasolina; en la medida que éste último permanezca volátil debido a factores geopolíticos, el precio del etanol variará en consecuencia. Las plantas de etanol son pequeñas en comparación a las refinerías de petróleo, por lo que son “tomadoras de precio” y prácticamente no ejercen ninguna influencia en el precio del etanol.
- Algunos analistas del sector opinan que, sin grandes subsidios, la rentabilidad de los combustibles alternativos está en entredicho, sobre todo en la actualidad que los costos de las materias primas como el maíz se ha disparado, reduciendo los márgenes de ganancias para los productores de estos combustibles.<sup>8</sup> Aunado a esto, los precios del petróleo han descendido a cerca de US\$55 por barril frente a los US\$77 de mediados del 2006. Si esta tendencia se mantiene, combustibles como el etanol pueden

<sup>8</sup> *The Wall Street Journal* (30 de enero de 2007). Se indica en particular el caso de Australia, en donde el mercado para combustibles alternativos ha sufrido una dramática caída al punto que varias compañías que se consideraban atractivas cancelaron su salida a la bolsa o vieran caer el precio de sus acciones estrepitosamente.

resultar menos atractivos aumentando las pérdidas de las plantas de biocombustibles.<sup>9</sup>

- La industria del etanol es altamente regulada en prácticamente todos los países del mundo, por lo que la implementación o eliminación de políticas gubernamentales tienen un impacto decisivo en su desarrollo. Estas políticas pueden tomar la forma de subsidios directos a la producción de etanol, regulaciones sobre su contenido en la gasolina, o regulaciones que limiten las emisiones de compuestos orgánicos volátiles a la atmósfera por parte de las plantas productoras.
- La forma final que tome la Ley de Bioenergéticos en cuanto al nivel que especifique de contenido de etanol en las gasolinas y la certidumbre que otorgue a los inversionistas es otro factor que impactará el desarrollo del sector en el país. Aun cuando los proyectos existentes estén orientados a la exportación; la Ley puede alentar el desarrollo de un importante mercado interno de etanol.
- Al aumentar la producción de etanol en base a granos básicos como el maíz, los precios de los mismos se presionarían a la alza en los mercados internacionales, golpeando a los consumidores de países pobres. Esto puede representar un impacto negativo en la percepción de la industria a nivel mundial. Del mismo modo, puede actuar como aliciente para el desarrollo de tecnologías que utilicen plantas no comestibles como insumos.
- Si persisten algunas de las tendencias anteriores, existe la posibilidad de que se produzca un rearrreglo en el mercado de las energías alternativas a nivel global. Esto implicaría una reorientación hacia combustibles alternativos que no compitan con cultivos tradicionales o incluso a las opciones solar o eólica.<sup>10</sup> Sin embargo, pasarán años antes que estas nuevas opciones sean económicamente viables.

### **3.3 Tendencias y escenarios futuros**

Los mercados del maíz y del etanol se encuentran en un estado de transformación tal que las compañías encargadas de realizar proyecciones sobre variables asociadas a los mismos (ya sea precios, producción o exportaciones) se ven obligadas a revisar continuamente sus estimados.

En el caso de México la demanda potencial de etanol en el futuro previsible depende de una serie de suposiciones sobre el rol que pueda jugar el mismo en la economía y sobre todo en el sector transporte. Si bien las plantas tienen como

---

<sup>9</sup> De acuerdo a la firma de investigación agrícola AgResource Co, el bushel de maíz tendría que subir a US\$4.80 y el precio del etanol bajar a US\$1.60 por galón para que la producción del mismo dejara de ser rentable.

<sup>10</sup> En India, por ejemplo, se comienza a utilizar la jatropha (un aceite vegetal poco conocido que no es comestible y se puede cultivar en terrenos áridos). En otros países se exploran combustibles “de celulosa” que utilizan materiales no comestibles para fabricar etanol.



objetivo principal exportar hacia el mercado americano (en donde la demanda superará por mucho la oferta para dar cumplimiento a los ambiciosos planes energéticos), no debe relegarse el desarrollo de un mercado nacional. De acuerdo a estimados del ITESM (2006), las siguientes demandas potenciales son factibles dependiendo al rol que se le otorgue como aditivo a las gasolinas:

- 660 millones de litros/año para oxigenar gasolinas en las principales zonas metropolitanas del país (Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey).
- 2,305 millones de litros/año para oxigenar gasolinas en todo el país.
- 5,760 millones de litros/año para lograr una mezcla de gasolina con 15% de etanol (E15).

En la sección precedente se introdujo la posibilidad de un **escenario pesimista** en el cual la industria perdiera rentabilidad y preferencia entre los inversionistas. Varios analistas apuntan asimismo a la posibilidad de que las bondades del etanol hayan sido sobredimensionadas y las verdaderas alternativas energéticas al petróleo se encuentren en otras tecnologías.<sup>11</sup>

Sin embargo, es necesario asimismo considerar el **escenario optimista** en el cual la importancia otorgada al etanol permanecerá en el futuro. De acuerdo al mismo, la producción mundial continuará creciendo vigorosamente al menos hasta 2012; hay varios proyectos en estudio en todo el mundo y, aun cuando su implementación se retrase, existe un *momentum* en la arena política para apoyarlos y concretarlos. El apoyo político persiste con el trabajo conjunto de la industria y el gobierno.

La investigación de carácter general realizada para este estudio no nos permite asignar probabilidades a la ocurrencia de estos escenarios con un grado de confianza aceptable.

## 4. Estrategia

En este capítulo final presentamos en forma sintética un ejercicio de identificación de las fortalezas, oportunidades, debilidades, y amenazas (FODA) con respecto a la explotación del sector de biocombustibles en Sinaloa que deben constituir los puntos de partida para la definición de estrategias y líneas de acción.

### 4.1 Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas

Con el fin de determinar la situación estratégica de Sinaloa en el sector de biocombustibles, desarrollamos a continuación un análisis FODA (Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas). En el marco de dicho análisis, las fortalezas y debilidades son internas al estado, mientras que las oportunidades y amenazas son creadas en mayor medida (mas no exclusivamente) por el ambiente externo a él. El análisis FODA se basa en la suposición de que una

---

<sup>11</sup> Varios analistas y empresas consultoras hacen la analogía entre la burbuja tecnológica de las empresas *dotcom* de los noventas con la situación actual del etanol.

estrategia efectiva de desarrollo parte de una correspondencia adecuada entre los recursos internos (fortalezas y debilidades) y su ambiente externo (oportunidades y amenazas). El objetivo de la estrategia propuesta será entonces maximizar las fortalezas y oportunidades minimizando al mismo tiempo las debilidades y amenazas. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El fácil acceso materias primas (maíz y sorgo) al ser Sinaloa el principal productor de maíz a nivel nacional.</li> <li>• Potencial de multiplicar la producción estatal de estos cultivos con esfuerzos de iniciativa privada y gobiernos federal y estatal.</li> <li>• Producción actual excedente.</li> <li>• Apoyo político tanto de la nueva administración federal como del gobierno estatal al desarrollo del sector.</li> <li>• Interés por parte de inversionistas para establecer plantas productoras de etanol en Sinaloa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuir al desarrollo y diversificación de la economía de Sinaloa con actividades de mayor valor agregado.</li> <li>• El desarrollo de la industria de biocombustibles presenta importantes oportunidades para incentivar el desarrollo regional a través de la generación de empleos directos e indirectos.</li> <li>• Aprovechar el <i>momentum</i> en la arena política y empresarial nacional e internacional con la posibilidad de contribuir y liderar la necesaria transición energética nacional (ante el inminente agotamiento de las reservas petroleras).</li> <li>• Desarrollar una nueva cadena de valor al procesar los excedentes de la producción de maíz para comercializarlos con un valor agregado, generando empleos y diversificando los usos.</li> <li>• Uno de los subproductos del proceso de producción de etanol es el afrecho de grano destilado, el cual puede aprovecharse como alimento en la industria pecuaria regional y nacional y por ende contribuir al desarrollo de la misma.</li> <li>• Proporcionar mayores opciones a los productores de maíz y sorgo mejorando su capacidad de negociación con la cadena comercial.</li> </ul>
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La falta de un adecuado desarrollo tecnológico local que contribuya a mejorar los insumos al proceso y desarrollar plenamente la cadena de valor.</li> <li>• Rezagos estructurales del campo mexicano: gran número de propietarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una mayor “competencia” por la producción de maíz entre fines alimentarios y energéticos (sobre todo si se reducen las exportaciones americanas).</li> <li>• Férrea resistencia de influyentes grupos políticos, académicos y ambientalistas</li> </ul>

<p>de tierra, superficies pequeñas que impiden el aprovechamiento de economías de escala en la producción.</p>	<p>que argumentan en contra de la conveniencia del etanol desde puntos de vista técnicos, culturales, ambientales y de soberanía alimentaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia por parte de PEMEX a la introducción del etanol en las gasolinas (que implicaría posibles ajustes en las refinerías, inspección y mantenimiento de las estaciones de venta y tanques subterráneos de almacenamiento, etc.) lo cual retardaría el surgimiento de un mercado nacional para el etanol.</li> <li>• Resistencia por parte de los consumidores hacia una mezcla gasolina-etanol ante el temor de que ésta dañe los motores y afecte su desempeño.<sup>12</sup></li> <li>• Tardanza en la implementación de un marco legal que incentive el desarrollo del sector y proporcione mayor certidumbre a los inversionistas privados.</li> <li>• Peligro de que la “burbuja del etanol” estalle.</li> </ul>
--	--

Fuente: elaboración propia de fuentes diversas incluyendo entrevistas con personas relacionadas con las industrias agrícola y de producción de etanol.

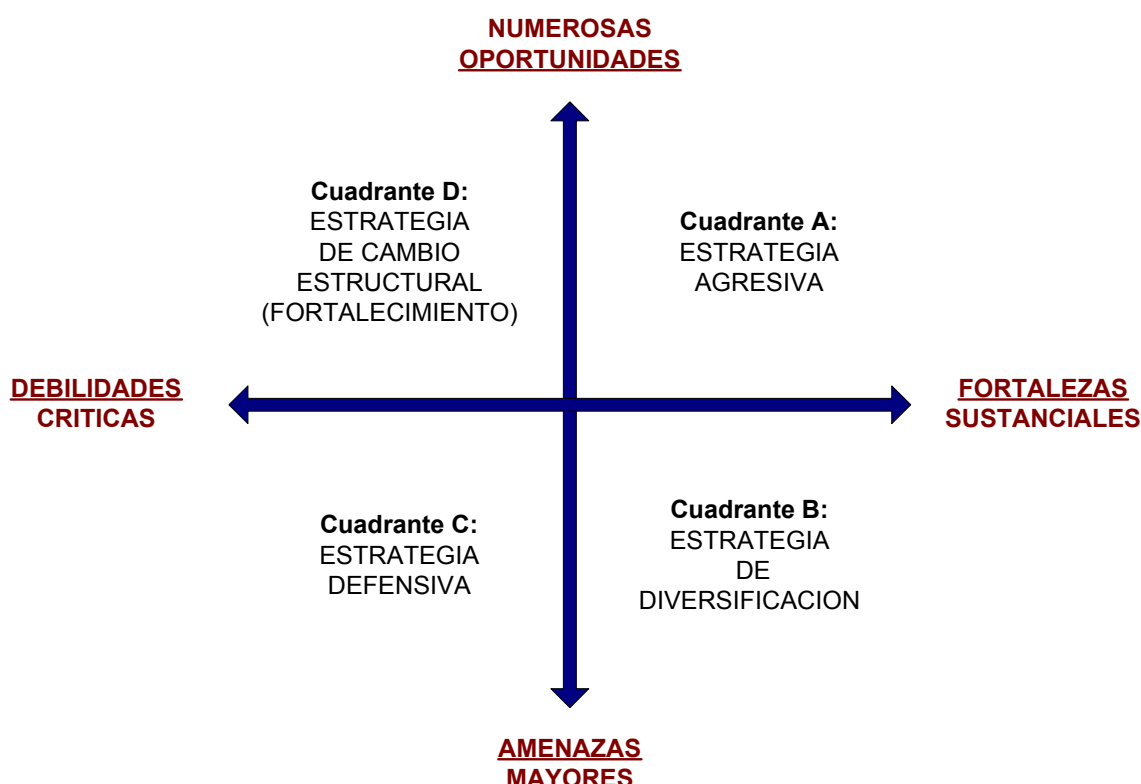
#### **4.2 Estrategias y líneas de acción**

El análisis FODA precedente puede ser utilizado como guía en la formulación de un análisis estratégico. Esta posibilidad se muestra en forma esquemática en la Figura 4, en donde las principales oportunidades y amenazas externas son comparadas con las fortalezas y debilidades internas en un enfoque estructurado. El objetivo consiste en la identificación de cuatro posible situaciones con respecto a los recursos internos y las condiciones externas que se le presentan al Estado.

De esta forma, se observa que el cuadrante A representa la situación más favorable. Al Estado se le presentan varias oportunidades y al mismo tiempo posee las fortalezas suficientes para tomar ventaja de ellas a través de una estrategia agresiva orientada al crecimiento. En el cuadrante B, por otro lado, el Estado cuenta con fortalezas sustanciales y enfrenta amenazas creadas por el ambiente exterior. En esta situación, las estrategias diseñadas deben buscar reubicar los recursos y competencias con el fin de explotar las oportunidades existentes en áreas que no han recibido la suficiente atención a través de una estrategia de diversificación.

<sup>12</sup> Este efecto se observó en Costa Rica. A pesar que la compañía petrolera nacional, RECOPE, llevó a cabo una campaña de información para un proyecto piloto, la reacción por parte de los consumidores fue cautelosa: las ventas de gasolina regular combinada con etanol disminuyeron en las estaciones participantes mientras que las ventas de gasolina que no fue combinada aumentaron (Constance, 2006).

El cuadrante C representa la situación menos favorable, en la cual el Estado enfrenta numerosas amenazas externas desde una posición de desventaja creada por sus múltiples debilidades. Esta situación requiere de la formulación de una estrategia defensiva en la cual se re-dirigen los esfuerzos hacia áreas con el mayor potencial de desarrollo. Por último, en el cuadrante D el Estado enfrenta importantes oportunidades pero se ve limitado para aprovecharlas debido a las debilidades de las que adolece. En tales condiciones, el enfoque central de la estrategia debe ser el fortalecimiento a través de un cambio estructural que permita la eliminación de tales debilidades con el fin de estar en posición de tomar ventaja de las oportunidades que se le presentan.



**Figura 4.** Análisis FODA y estrategias correspondientes

Como debe resultar evidente de la Tabla 5, aun cuando Sinaloa comparte algunas de las debilidades del país, también cuenta con fortalezas decisivas para explotar el desarrollo del sector de biocombustibles. A la vez, las oportunidades que el mismo presenta son numerosas. Aun cuando las amenazas también son considerables y son relativas a una industria en nacimiento, se juzga que la magnitud de las oportunidades es mayor.

De esta forma, en el marco definido en la Figura 4, la situación actual de Sinaloa se puede representar en el cuadrante A. Esto es, ante la presencia de importantes fortalezas y oportunidades, la estrategia de desarrollo debe enfocarse

el fortalecimiento del sector de biocombustibles sin perder de vista las amenazas existentes. Dicha estrategia debe incluir las siguientes líneas de acción:<sup>13</sup>

- LÍNEA ESTRATÉGICA 1:** Gestionar activamente el contenido y la aprobación de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, así como leyes locales que incentiven el desarrollo del sector y proporcionen mayor certidumbre a los inversionistas privados.
- LÍNEA ESTRATÉGICA 2:** Evaluar a profundidad las fuentes alternativas de producción de etanol así como las tecnologías existentes.
- LÍNEA ESTRATÉGICA 3:** Desarrollar las áreas de inteligencia comercial en el sector así como de inteligencia tecnológica para aprovechar los últimos avances en el área.
- LÍNEA ESTRATÉGICA 4:** Dado el nivel de incertidumbre existente, utilizar técnicas de análisis de riesgo para la evaluación y consideración de proyectos de inversión.<sup>14</sup>
- LÍNEA ESTRATÉGICA 5:** Fomentar la asociatividad de los productores a lo largo de la cadena de valor para beneficiarse de economías de escala, superar de forma conjunta las barreras y restricciones que se les presenten, y aumentar el poder de negociación de la naciente industria.

---

<sup>13</sup> Estas líneas estratégicas no pretenden tener un carácter exhaustivo, sólo sugerente.

<sup>14</sup> Para un ejemplo de la aplicación a la industria del etanol ver Richardson *et al.* (2006). Tiffany y Eidman (2003) enfatizan la utilización de análisis de riesgo para evaluar las oportunidades en la industria del etanol.

## Bibliografía

- Coltrain, David, Erik Dean y David Barton (2004), *Risk Factors in Ethanol Production*, manuscrito, Kansas State University.
- Constance, Paul (2006), *¿La era del etanol?*, Revista del Banco Interamericano de Desarrollo. Agosto.
- Farrell, Alexander, Richard Plevin, Brian Turner, Andrew Jones, Michael O'Hare, y Daniel Kammen (2006), "Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals", *Science*, Vol. 311, pp. 506-508.
- ITESM (2006), *Una Planta Piloto para producir Bioetanol*, presentación, Tecnológico de Monterrey, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Monterrey.
- RFA (2006), *From Niche to Nation: Ethanol Industry Outlook 2006*, Renewable Fuels Association,
- Richardson, James, Brian Herbst, Joe Outlaw, David Anderson, Steven Klose, and Chope Gill (2006), *Risk Assessment in Economic Feasibility Analysis: The Case of Ethanol Production in Texas*, Research Report 06-3, Agricultural and Food Policy Center, The Texas A&M University.
- SENER (2006), *Factibilidad del Etanol y del Biodiesel derivados de Biomasa como Combustible para el Transporte en México*, presentación del proyecto ME-T1007, Secretaría de Energía, Banco Interamericano de Desarrollo, GTZ, Ciudad de México.
- Tiffany, Douglas y Vernon Eidman (2003), *Factors Associated with Success of Fuel Ethanol Producers*, Staff Paper P03-7, College of Agricultural, Food, and Environmental Sciences, University of Minnesota.

Este estudio fue desarrollado por un equipo de consultores contando con la dirección del Dr. David Romo Murillo ([dromo@dsconsultores.com](mailto:dromo@dsconsultores.com)) y Alejandro Sánchez Calvo ([asanchez@dsconsultores.com](mailto:asanchez@dsconsultores.com)). Aun cuando se atendieron las opiniones y recomendaciones de varios actores relevantes en el tema, el contenido final del presente reporte es responsabilidad total de DS Consultores y puede no coincidir con algunas de las opiniones o recomendaciones recibidas.