



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

# ATLAS DE LA AGROENERGÍA Y LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LAS AMÉRICAS

## 1. Etanol

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2007)

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en [www.iica.int](http://www.iica.int).

**Coordinación editorial:** Mario A. Seixas, Subdirector General Adjunto

**Corrección de estilo:** María Marta Kandler

**Diagramado:** Karla Cruz Mora y Ana Catalina Lizano

**Diseño de portada:** Ana Catalina Lizano

**Impresión:** Sede Central del IICA

Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas:  
i.etanol / IICA. San José: IICA, 2007.

181 p. ; 19 x 26 cm

ISBN13: 978-92-9039-807-3

1. Biocombustible 2. Etanol I. IICA II. Título

AGRIS  
P07

DEWEY  
333.793

San José, Costa Rica  
2007

# Tabla de Contenidos

<b>PREFACIO</b> .....	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. PRODUCCIÓN DE ETANOL EN LAS AMÉRICAS: GENERALIDADES</b> .....	<b>9</b>
2.1 Consumo de gasolina y área agrícola necesaria para producir el E-10 .....	10
2.2 Balance energético y ambiental de los cultivos utilizados en biocombustibles....	11
2.3 Políticas públicas para la producción de biocombustibles .....	11
2.4 Investigación en producción de caña de azúcar y etanol.....	12
2.5 Interés del Gobierno y del sector privado por impulsar programas de producción y uso de etanol .....	14
2.6 Disposición de las instituciones nacionales (públicas y privadas) a asociarse a la Comisión Interamericana de Etanol.....	14
<b>3. LA AGROENERGÍA Y LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LAS AMÉRICAS: SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS, POR PAÍS</b> .....	<b>15</b>
3.1 ARGENTINA .....	17
3.2 BELICE.....	27
3.3 BOLIVIA.....	30
3.4 BRASIL.....	33
3.5 CANADÁ.....	40
3.6 CHILE .....	44
3.7 COLOMBIA.....	49
3.8 COSTA RICA .....	72
3.9 ECUADOR.....	79
3.10 EL SALVADOR.....	85
3.11 ESTADOS UNIDOS.....	90
3.12 GUATEMALA .....	101
3.13 HONDURAS .....	105
3.14 JAMAICA .....	109
3.15 MÉXICO .....	113
3.16 NICARAGUA.....	117
3.17 PANAMÁ.....	121
3.18 PARAGUAY .....	124
3.19 PERÚ .....	131
3.20 REPÚBLICA DOMINICANA.....	140
3.21 URUGUAY .....	143
3.22 VENEZUELA .....	155
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>161</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>170</b>
<b>ANEXO 3</b> .....	<b>176</b>



# Prefacio

**E**l presente documento es el primero de una serie la cual busca definir la situación actual de la agroenergía y la producción de biocombustibles en las Américas.

El mismo nos presenta un estado de la situación actual y las perspectivas de la producción de etanol en varios países de las Américas.

El segundo volumen del Atlas será dedicado al tema de la producción del biodiesel y el tercero y último volumen de esa serie se lo dedicará al tema de la agro-energía en el continente americano.

Este documento fue originado por una solicitud de la Comisión Interamericana de Etanol la cual desde su creación, en diciembre de 2006, invitó al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) a ser uno de sus aliados estratégicos en el continente. La referida Comisión elaboró y envió al IICA un cuestionario con una serie de preguntas sobre la situación actual de la producción de etanol en los países miembros del Instituto para que desde la óptica de cada país presenten sus diferentes fortalezas y realidades.

El IICA ha ido un poco más allá de esa solicitud inicial de la Comisión y esperamos que esta publicación refleje la realidad sobre un producto cada vez más importante, como es el etanol desde una visión técnica, apolítica y que sirva para que todos juntos podamos mejorar el nivel de vida de las comunidades rurales en el hemisferio.

El Instituto agradece a todos quienes participaron en la elaboración, edición y puesta en marcha de este “Atlas de la Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas-Etanol”, pero de manera muy especial a las 34 Representaciones del Instituto en sus Estados Miembros.

Hacemos un agradecimiento especial a las oficinas del IICA en Nicaragua y Colombia las cuales fueron fundamentales para la preparación, sistematización y edición del mismo.

# 1

# Introducción



Los combustibles fósiles, el petróleo y sus derivados, como fuente de energía no renovable, están presentando señales de agotamiento y se estima que a mediano plazo ya no será posible cubrir la demanda mundial. Esta situación, sumada a la contaminación ambiental y al calentamiento global, provocados en gran medida por el uso de este tipo de combustibles, es un reto de enormes proporciones, pero también una oportunidad para la implementación de energías renovables.

En efecto, la producción de biocombustibles ha despertado gran interés, en los campos económico, social, ambiental, institucional y político. En primer lugar, los altos precios del petróleo hacen que los países que no son autosuficientes en el suministro de combustibles fósiles inviertan parte de sus divisas en la importación de hidrocarburos. En el orden social, la necesidad de diversificar las fuentes de energía y de investigar los recursos locales ha repercutido en una mayor generación de empleo, pues ha sido necesario contratar nueva mano de obra para explorar esta posibilidad. En el aspecto ambiental, los biocombustibles parecen ser menos contaminantes y tienen menor impacto sobre el cambio climático que los combustibles fósiles.

En el corto plazo, por su parte, los acontecimientos políticos influyen de manera decisiva en el proceso de extracción de petróleo, lo que afecta, de forma inmediata, el precio de los combustibles y el costo de producción agrícola, industrial y de servicios. Cada vez que aumenta el precio del petróleo, surge la pregunta sobre su impacto en el crecimiento económico en general<sup>1</sup>.

El sector agropecuario tiene un gran potencial como proveedor de materia prima para la generación de energía. Basta mencionar la producción de combustibles sólidos (leña, carbón vegetal y residuos de procesos agroindustriales), gaseosos (biogás) y líquidos (etanol y biodiesel). Sobre estos últimos, en especial en el etanol, se centra la discusión del presente documento.

La industria del etanol en América Latina y el Caribe, está construida principalmente sobre la provisión de caña de azúcar como materia prima. Así, las actividades productivas e industriales relacionadas con dicho producto han experimentado un salto tecnológico significativo, lo que ha redundado en un claro aumento en la productividad agrícola e industrial del sector. Muestra de ello son los rendimientos de más de 100 toneladas de caña por hectárea y una producción de azúcar más eficiente.

El mercado del azúcar presenta un panorama muy positivo para América

<sup>1</sup> SAGPyA, e IICA, 2005.



Latina y el Caribe, y lo mismo ocurre con el mercado del etanol, particularmente en los mercados de Estados Unidos y Europa. De igual forma, los beneficios sociales, ambientales y económicos que puede derivar la región a partir del cultivo de caña de azúcar, que en la actualidad aporta una cuota energética importante mediante el uso del bagazo, son innegables, por las perspectivas que ofrece la utilización del etanol como carburante.

Por otra parte, muchos países de la región poseen grandes extensiones de terreno con potencial agrícola, que han sufrido deforestación y que no se están utilizando para producir alimentos, podrían aprovecharse para cultivar palma africana —cultivo oleaginoso de mayor rendimiento por área— y producir biodiésel.

Este documento es el primero de una serie de publicaciones que buscan dar a conocer los últimos avances en la industria de la agroenergía y los biocombustibles en América Latina y el Caribe. Esta iniciativa forma parte de un Observatorio creado por el IICA para darle seguimiento a esta industria y responder, así, a los mandatos recibidos de parte de los países miembros.

El texto se basa en las respuestas dadas por las oficinas del IICA, en los países miembros, a un cuestionario

de 21 preguntas, y su intención es ofrecer una visión panorámica de la producción actual y potencial de materias primas que se utilizan en la fabricación del etanol, en particular de la caña de azúcar. De igual forma, pretende dar a conocer el estado de la producción del etanol y las regulaciones que se están implementando en la región para normar su uso como combustible.

El documento consta de dos partes. En la primera, se ofrece un panorama general de la producción de azúcar y etanol en América Latina. En la segunda parte se examina la situación de la agroenergía y los biocombustibles pero haciendo un desglose por país. En ambos casos, se presentan datos sobre el consumo de gasolina en la región, el área mínima que se necesita para producir la mezcla E10, los marcos legales que regulan la producción, uso y manejo de los biocombustibles, las investigaciones que se están llevando a cabo para mejorar los procesos de producción de caña y etanol, la disponibilidad de otros cultivos, además del azúcar, que podrían usarse para obtener etanol, el interés que han mostrado tanto los gobiernos como el sector privado por impulsar la producción y el uso de biocombustibles, y, finalmente, la disposición de las instituciones nacionales a asociarse a la Comisión Interamericana de Etanol.







# 2

## Producción de etanol en las Américas: Generalidades



## 2.1 Consumo de gasolina y área agrícola necesaria para producir el E-10

El consumo de gasolina en la región es de 635,7 millones de m<sup>3</sup> de gasolina<sup>2</sup>; siendo Estados Unidos (86,2%), México (6,21%), Brasil (2,52%), Venezuela (2,0%), Colombia (0,7%) y Argentina (0,7%) los países que presentan mayor nivel de consumo, el 1.67% restante corresponde al resto de países (ver cuadro 1, anexo 1).

En la actualidad, con parte de la materia prima que se extrae de los 8 millones de hectáreas de caña de azúcar que se cultivan en la región, se producen 33,6 millones de m<sup>3</sup> de etanol, oferta inferior a la cantidad que se necesitaría para utilizar la mezcla E-10 (10% etanol, 90% gasolina) en todos los países. Para satisfacer dicha demanda sería necesario disponer de 10,4 millones de hectáreas de caña dedicadas exclusivamente a la producción de etanol.

La expansión de la frontera de producción cañera es factible, si se tiene en cuenta que el área agrícola disponible en la región es de 585 millones de hectáreas. Una expansión de esta naturaleza abriría nuevas oportunidades de inversión en las zonas rurales de América Latina y el Caribe, y tendría repercusiones importantes en la generación de empleo: se estima que cada hectárea de caña genera, en el campo y en la industria, un empleo<sup>3</sup>. Asimismo,

dicha expansión es posible al examinar los datos del área con potencial para el cultivo de la caña y el margen de incremento en la productividad de este cultivo.

Esto significa, que si se siembran 2.4 millones de hectáreas adicionales las mismas que constituyen apenas el 0.41% del área agrícola disponible en la región, se cubren las necesidades de E10 en todos los países y se habrán creado 2.4 millones de plazas de trabajo contribuyendo así de manera práctica y directa al mejoramiento del empleo y las condiciones de vida del sector rural. De preferencia estas tierras deben ser no aptas para el desarrollo de productos alimenticios.

Un país como Brasil podría duplicar su producción de caña y alcanzar niveles similares a los de Colombia, que ostenta uno de los niveles de productividad más altos de la región y del mundo (ver cuadro 2, anexo 1). Otros países podrían aumentar la productividad de los cultivos de caña al mejorar sus sistemas de mecanización e irrigación. Países como Argentina, Ecuador, Nicaragua y Costa Rica tienen márgenes importantes para optimizar su nivel de mecanización y ampliar el área irrigada que puede destinarse al cultivo (ver cuadro 3, anexo 1).

<sup>2</sup> En América, sin considerar Canadá.

<sup>3</sup> La importancia de los biocombustibles en Colombia. Hernán Martínez Torres. Ministro de Minas y Energía de Colombia. Bucaramanga, mayo 18 de 2007

Desde el punto de vista de la capacidad industrial también es factible expandir la producción de etanol, dado que la región cuenta con capacidad instalada

de molinencia de caña y se observa un crecimiento en la industria de la destilación (ver cuadro 4, anexo 1).

## 2.2 Balance energético y ambiental de los cultivos utilizados en biocombustibles

La preocupación acerca de los altos precios del petróleo y la independencia energética es un factor que afecta el desarrollo de los países. En muchos de estos, representa un potencial para producción de bicomcombustibles

debido a que los cultivos tropicales y subtropicales utilizados tienen un mejor balance energético y ambiental que los cultivos que crecen en países del Norte del Hemisferio.

	Etanol		Biodiesel	
	Balance energético (Unidad retornada de energía por cada unidad de energía no renovable usada)	Trigo	2	Girasol
Remolacha		2	Canola	2.7
Maíz		1.5	Soya	3
Caña de azúcar		8.3	Palma	9
Balance ambiental (GHG emisiones por tonelada de petróleo, en toneladas equivalentes de CO <sub>2</sub> )	Remolacha	2.17	Soya	2.6
	Trigo	1.85	Canola	1.79
	Caña de azúcar	0.41	Palma	1.73
	Paja	0.33	Madera	0.27

Fuente: ADEME, Comisión Europea<sup>4</sup>

## 2.3 Políticas públicas para la producción de biocombustibles

Un aspecto fundamental para impulsar la producción y el consumo de biocombustibles son las políticas públicas que se adopten en esa materia; es decir, las reglas de juego

que se establezcan y el papel que asuma el Gobierno en la promoción de una actividad que, sobre todo en los países en desarrollo, es relativamente nueva. Nos referimos,



entre otros, a las políticas de consumo obligatorio de biocombustibles, a las políticas de ayuda a la actividad productiva y a la investigación, a las políticas comerciales y a las normas técnicas que se establezcan.

Los países que lideran la producción de etanol, como EE UU, Brasil, Colombia, Argentina, y México cuentan con un marco regulador para la producción, uso y manejo del etanol, han establecido porcentajes para la mezcla de gasolina y etanol, y brindan incentivos para su producción. En América Latina y el Caribe, algunos países todavía no han formulado un marco regulador y otros tienen iniciativas de ley que serán enviadas al parlamento o que están en proceso de revisión por parte de los congresistas.

El elemento más constante en la política de impulso a la producción de biocombustibles en la región es la garantía que se les da a los productores de que habrá una demanda interna, en el entendido de que se hace obligatoria la mezcla gradual de la gasolina con el etanol. En algunos países, esta medida va acompañada de incentivos a la producción y de un control del precio interno del etanol, de forma tal que garantice un mayor beneficio a los productores en cuanto a costos de oportunidad<sup>4</sup> se refiere.

El porcentaje de etanol en la mezcla varía considerablemente de país a país, dependiendo de la antigüedad de la producción de etanol. En Brasil, por ejemplo, se usa una mezcla del 20% en todo el país, mientras que en Colombia se emplea una mezcla de un 5% en el 65% del territorio nacional (ver cuadro 5, anexo 1).

## 2.4 Investigación en producción de caña de azúcar y etanol

En general todos los países de la región tienen centros de investigación agrícola donde se llevan a cabo investigaciones sobre distintos aspectos de la producción de materias primas para la producción de biocombustibles. En estos centros, el sector privado juega un papel importante (ver anexo 2). Sin embargo, la investigación

e innovación para la producción de etanol es limitada a unos pocos países, entre ellos, EE UU, Brasil, México, Colombia y Argentina. Países con menos posibilidades, como los que integran Centroamérica, Belice y Panamá, necesitan la colaboración técnica de otras naciones que han alcanzado un mayor progreso en este tema (ver anexo 2).

<sup>4</sup> Costo de oportunidad entendido como ganancia o pérdida del productor nacional por sustituir producción de azúcar de exportación para uso como materia prima para la producción de un nuevo bien o reducción de la importación de combustibles fósiles para consumo interno.

En los países que tradicionalmente se han dedicado a la producción de caña, las investigaciones se centran en aspectos relacionados con el incremento de la producción y de la productividad agrícola, y, en algunos casos, en el proceso de producción de etanol, a fin de aumentar la capacidad de abastecimiento del mercado interno y de participar en el mercado internacional.

Todos los países tienen interés en encontrar cultivos que podrían sustituir al maíz y a la caña en la producción de etanol, como sería el caso de la remolacha azucarera, la yuca, el sorgo dulce, derivados lácteos y la caña panelera, entre otros.

La investigación agrícola relacionada con la producción de materias primas para la producción de biocombustibles se ha centrado en el desarrollo de variedades, en particular de caña de azúcar, con mayores rendimientos. También se examinan otras materias primas, mencionadas anteriormente, y se realizan pruebas para determinar el comportamiento energético de las mezclas de etanol y gasolina (ver cuadro 6, anexo 1).

En este tipo de investigación se observa un esfuerzo importante por parte del sector privado, en particular de las instituciones vinculadas a los gremios de productores de caña y a los productores de azúcar. En algunos casos se observa la participación de compañías petroleras de carácter público.

El avance tecnológico más importante a mediano plazo está relacionado con la producción de etanol a partir de

celulosa. Se espera que en unos 5 o 10 años el progreso sea tal que se facilite la producción industrial. Esta situación ampliaría significativamente la base de los productos primarios, y en este caso, otros cultivos agrícolas (plantas con alto potencial de producción de celulosa), los residuos de la producción agrícola, la madera misma y hasta los residuos sólidos municipales podrían conformar la base para la producción de etanol. Países como Chile, con una larga tradición como exportador de productos forestales (11,6% del total de las exportaciones), tendrán una oportunidad, industrialmente viable, en el mercado del etanol. Canadá es el líder en investigación y puesta en marcha de tecnologías que pueden propiciar esta innovación.

Un caso interesante es el de Venezuela que, pese a contar con enormes reservas de petróleo, ha puesto en marcha una serie de programas de investigación relacionados con la producción de caña de azúcar y de soya, pensando en la producción alimentaria pero también en la producción de biocombustibles. Esta iniciativa cuenta con el apoyo de Brasil y Argentina, y, en el caso de los biocombustibles responde a la preocupación por la contaminación ambiental que generan los combustibles de origen fósil.

Los países de tradición cañera están indagando, entre otras, la posibilidad de diseñar herramientas que les ayuden a incrementar la producción agrícola y a mejorar el proceso de producción de etanol, a fin de incrementar la capacidad de abastecimiento de dicho mercado. De



manera paralela, buscan promover tecnologías que sean asequibles a todos los productores.

Los países en los que el cultivo de la caña no es una opción factible

están explorando la posibilidad de sacar provecho a aspectos como su posición geográfica, para exportar o utilizar ya sea otros cultivos o los residuos de esos cultivos (cuadro 6, anexo 1).

## ***2.5 Interés del Gobierno y del sector privado por impulsar programas de producción y uso de etanol***

En general, los Gobiernos de la región muestran un alto grado de interés por impulsar programas de producción de biocombustibles (cuadro 7, anexo 1). Incluso los países que no cuentan con un marco regulador específico parecen interesados en impulsar programas de esta naturaleza.

Cada vez es más frecuente que los programas de producción de biocombustibles formen parte integral de las estrategias de desarrollo rural, de mitigación de la pobreza y de fortalecimiento de la seguridad alimentaria. Estos

programas se visualizan, entonces, como una actividad que puede aportar de manera significativa al logro de los objetivos y metas de los programas sociales y económicos de los territorios. El sector privado, particularmente los azucareros y las destiladoras están haciendo, o planeando hacer, inversiones que les permitan ampliar su capacidad instalada para suplir la demanda de etanol. Este sector considera esta empresa como una gran oportunidad para reactivar la actividad agrícola y ampliar los negocios de la destilación.

## ***2.6 Disposición de las instituciones nacionales (públicas y privadas) a asociarse a la Comisión Interamericana de Etanol***

Las instituciones públicas se muestran anuentes a participar en la Comisión Interamericana del Etanol, sobre todo los centros de investigación, las universidades y las autoridades que tienen competencia en el tema, como los ministerios de agricultura y de energía. En el sector privado, algunos empresarios miran

esta iniciativa con buenos ojos, pero otros no lo consideran apropiado, pues la mayoría de los ingenios realizan sus propias investigaciones y existen muchas alianzas entre ellos. Con todo, algunos piensan que sería un espacio apropiado para adquirir conocimientos relacionados con el tema.

# 3

## La Agroenergía y los Biocombustibles en las Américas:

Situación actual y perspectivas, por país









## 3.1 ARGENTINA



En Argentina la posibilidad de producir materias primas para la obtención de biocombustibles es favorable para varios cultivos. Se trata de uno de los países con mejores condiciones para generar esa nueva fuente de energía. De hecho, hay gran interés, por parte del sector privado, nacional e internacional, que trabaja en Argentina, en invertir en la producción de biodiésel.

El interés del sector privado se hace evidente en las inversiones que se han realizado en pequeñas y medianas empresas que buscan incluso incursionar en el mercado europeo. Es importante mencionar que muchas plantas operaban en este campo antes de la reglamentación de la ley, aun sin recibir incentivos fiscales.

Un caso que llama la atención es el de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID), de la provincia de Buenos Aires. Este grupo de agricultores anunció, a finales del 2006, el inicio de operaciones de una planta con capacidad para producir 15 mil litros diarios, destinados en su mayoría al autoconsumo (El Cronista Comercial, 12-09-06).

La aprobación, en abril de 2006, de la Ley N° 26.093 constituyó un paso importante, tras un trámite que se inició en 2004. Esta ley tiene como objeto aprovechar el potencial argentino para producir biocombustibles, tomando en cuenta, además, que el consumo de diesel en Argentina ronda actualmente los 11 mil millones de litros al año.

Asimismo, el sector agrícola, en su conjunto, es uno de los mayores consumidores de diesel del país, con una participación que corresponde al 39% del total. La meta prevista en la Ley es que se elabore una mezcla de un 5% (E5), que sería obligatoria a partir del 2010. Si se piensa que para esa fecha el consumo nacional de gasolina se ubicaría en el orden de los 4 mil millones de litros, surgiría una demanda de 200 millones de litros de etanol.

#### a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual

La producción de caña de azúcar alcanzó los 18,8 millones de toneladas en la zafra 2004-2005, lo que corresponde a 296.790 hectáreas, y se concentró en tres provincias del noroeste argentino, Tucumán, Jujuy y Salta (cuadro 1).

**Cuadro 1.**

#### *Distribución de la producción de caña de azúcar en Argentina*

Tucumán	64%
Jujuy	23%
Salta	12%
Resto del país	1%

#### b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar

Durante la campaña del 2005-2006 Tucumán tenía sembradas 203.170 ha de caña de azúcar. En el momento de

mayor auge, la actividad llegó a ocupar unas 250.000 ha. De ellas, cerca de 30.000 fueron luego reemplazadas por el limón y se considera difícil que vuelvan a la caña. De acuerdo con informantes calificados del sector público provincial, en Tucumán hay unas 100.000 hectáreas que, si se desplazaran otros cultivos, podrían dedicarse a la caña. Según informaciones del sector privado, las tierras ocupadas por otros cultivos que podrían pasar a la caña se hallan en zonas de poca precipitación, y, por lo tanto, necesitarían el riego complementario. Además, son tierras que se hallan más expuestas a las heladas. Si los precios son favorables, podrían resultar interesantes, pero si estos bajan, perderían competitividad.

La posibilidad de Salta y de Jujuy de extender sus cañaverales es más limitada, ya que las áreas mejores y más cercanas a los ingenios están siendo explotadas actualmente. Los limitantes a la expansión tienen que ver principalmente con los regímenes hídricos (menor precipitación) de las áreas marginales. De acuerdo con informaciones del sector privado, el área potencialmente cultivable en las provincias de Salta y Jujuy rondaría las 120.000 hectáreas. En Salta, la zona con mayor potencial de expansión se halla al norte, en la zona del Tabacal. En el caso de Jujuy, las mayores posibilidades de expansión también se hallan al norte, aunque ello implicaría la sustitución de cultivos o el desmonte de tierras, en algunos casos degradados. Una de las claves de la expansión futura está en los avances en el mejoramiento

genético, pues esto permitiría una mejor adaptación de los cultivos a las áreas marginales.

Con respecto al potencial de expansión en las demás provincias, que cubren el 3% restante del área sembrada con caña, no se dispone de datos concretos, pero en términos generales se trata de zonas más riesgosas que las que se explotan hoy. En todo caso, el ingenio azucarero de la provincia de Misiones recientemente dio a conocer un proyecto destinado a crear otra cuenca cañera en dicha provincia, a la que se incorporarían productores tabacaleros con 5.000 hectáreas de plantaciones.

En vista de lo anterior, se podría afirmar que en Argentina el área con potencial para el cultivo de la caña rondaría las 435.000 hectáreas.

### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

En el 2005 la producción total de azúcar en Argentina fue de 2.165.019 TMVC toneladas y el rendimiento por hectárea, ese mismo año, fue de 7,29 TMVC toneladas.

### **d) Mecanización e irrigación**

En Salta y Jujuy, la mecanización de la cosecha está generalizada. La mayoría de los ingenios aplican un sistema de mecanización integral, en tanto que el 40% de los cañeros independientes cuentan con mecanización completa y el 60% restante aplica el sistema semi-mecanizado.



El 80% de los cañaverales tucumanos recurre a la mecanización en todas las etapas de la producción, incluida la cosecha. La etapa de plantación es la única que demanda una importante cantidad de mano de obra. El 20% de los cañaverales debería ser sometido a una renovación técnica.

En Tucumán, el 27% del área dedicada al cultivo de caña utiliza algún sistema de irrigación, pero la mayor parte de las 200.000 hectáreas cultivadas solo necesitan un pequeño suplemento hídrico para obtener un buen nivel de producción. De ahí que muchas veces no se justifique hacer una inversión de envergadura para implementar un sistema de riego.

En el norte (Salta y Jujuy), el 100% de la caña de azúcar se produce con riego. El riego es imprescindible ya que la lluvia disponible es insuficiente para abastecer las necesidades hídricas de la caña. Los ingenios aplican tecnologías de avanzada para aprovechar racionalmente el agua: riego por goteo, aspersión y flujo discontinuo, pero el riego por gravedad (surco o melga) es el sistema más utilizado. Los cañeros independientes tienen sistemas de manejo y distribución del agua de riego menos eficientes.

Tucumán muestra un régimen monzónico; las lluvias se concentran en el verano mientras que en el invierno prácticamente no se registran precipitaciones. Esto es favorable porque las precipitaciones ocurren en el momento de mayor crecimiento de la caña, un invierno y una primavera secos facilitan la cosecha y permiten una zafra continuada. En la zona

cañera potencial las precipitaciones varían entre 800 y 1300 mm anuales. En Salta y Jujuy la disponibilidad pluviométrica es insuficiente para abastecer las necesidades hídricas de la caña.

#### **e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

Tomando en cuenta el rendimiento agrícola nacional promedio se producirían 660,5 litros de etanol por hectárea, pero en los ingenios de Salta y Jujuy se producen 935 litros de etanol por hectárea producidos a partir de melaza. Se estima que de una tonelada de melaza se pueden obtener entre 240 y 260 litros de alcohol.

La producción de alcohol a partir del jugo de caña (considerando que de una tonelada de caña se obtendrían entre 75 y 80 litros de alcohol) es de 5000 l/ha, partiendo del rendimiento agrícola nacional promedio, y de 7500 l/ha, partiendo del rendimiento agrícola de los ingenios de Salta y Jujuy. Una tonelada de azúcar procesada de esta forma produce cerca de 500 litros de etanol.

#### **f) Capacidad industrial instalada**

En Argentina funcionan 23 ingenios con una capacidad industrial instalada de 1,5 millones de litros de alcohol diarios, con una potencial producción anual de la industria de más de 400 millones de litros de alcohol (cuadro 2).

Cuadro 2.

**Distribución de los ingenios azucareros en Argentina**

Tucumán	15
Jujuy	3
Salta	2
Santa Fe	2
Misiones	1

**g) Centros de investigación que buscan mejorar los procesos de producción de caña de azúcar, de azúcar y de etanol**

■ **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**

En materia de investigación en caña de azúcar, el objetivo del INTA es contribuir a mejorar la competitividad de la agroindustria azucarera argentina e incrementar de manera significativa los niveles productivos por unidad de área en un plazo de 5 años. Para ello, cuenta con los siguientes programas de I&D: mejoramiento genético, manejo integrado de enfermedades y plagas en caña de azúcar y desarrollo de tecnologías productivas, seguras y sostenibles.

Con el apoyo financiero de los Gobiernos provinciales, de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, de las universidades y de diversos convenios de asistencia técnica, el INTA también adelanta el proyecto integral NOA (Noroeste de Argentina) de la caña de azúcar, cuyo objetivo general es mejorar los niveles de productividad

de la caña de azúcar y contribuir a una mayor competitividad en un marco de sostenibilidad. Este proyecto lleva a cabo actividades como:

- Aporte de conocimientos y nuevas tecnologías
- Obtención de nuevas variedades (clones)
- Ampliación de la base genética
- Manejo integrado de enfermedades y plagas
- Establecimiento de procedimientos para la provisión de materiales genéticos libres de enfermedades
- Difusión de prácticas de manejo adecuadas
- Capacitación en planificación y organización de trabajo en diferentes sistemas de cosecha
- Búsqueda de alternativas productivas y complementarias para las pequeñas y medianas empresas
- Investigaciones relacionadas con el uso y aprovechamiento alternativo de la caña de azúcar

■ **Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC)**

La EEAOC es un ente autárquico del Gobierno de la provincia de Tucumán, cuya misión es buscar solución a los problemas agrícola-ganaderos de la provincia y a los de las industrias derivadas, mediante la investigación científica. Cuenta



con un área especializada en caña de azúcar que tiene a su cargo los siguientes programas:

**1. Agronomía de la caña de azúcar, compuesto por los siguientes proyectos:**

- Manejo agronómico de semilleros registrados, a partir de plantas in vitro
- Calidad de la materia prima y producción de azúcar
- Manejo de la plantación y cultivo
- Manejo de caña verde
- Ecofisiología de la caña de azúcar
- Productividad de la caña de azúcar

**2. Mejoramiento genético de la caña de azúcar, compuesto por los siguientes proyectos:**

- Manejo y utilización de recursos genéticos (introducción de germoplasma extranjero y cuarentena sanitaria; colección y selección de progenitores)
- Cruzamientos, obtención de semilla botánica y crianza de plantines (inducción a floración, cruzamientos dirigidos y obtención de semilla botánica, obtención y crianza de plantines individuales)
- Selección clonal (plantines individuales; etapas clonales intermedias; ensayos comparativos de variedades, internos y regionales)

- Evaluación de enfermedades y plagas en las últimas etapas de selección (prospección de enfermedades, prospección de plagas)

- Valoración del comportamiento agronómico e industrial de variedades comerciales y de clones avanzados (determinación de la calidad industrial de variedades comerciales y de clones avanzados)

- Investigaciones genéticas aplicadas (valoración de la calidad selectiva de progenies en Etapa I de selección)

- Desarrollo de marcadores moleculares de interés agronómico (evaluación y caracterización de la diversidad genética, búsqueda de marcadores moleculares asociados a genes de calidad azucarera, obtención de plantas transgénicas potencialmente tolerantes a las bajas temperaturas)

**3. Industrialización de la caña de azúcar, compuesto por los siguientes proyectos:**

- Energía en la industria azucarera
- Derivados y subproductos de la caña de azúcar
- Certificación de laboratorios

**■ Otros organismos que llevan a cabo I&D en caña de azúcar**

- Chacra Experimental Agrícola de Colonia Santa Rosa (Salta):



se trata de un emprendimiento privado del Centro Azucarero Regional del Norte Argentino. Cuenta con un programa de mejoramiento genético cuyo objetivo principal es la obtención de variedades de caña de azúcar adaptadas a las condiciones ecológicas del norte argentino. También lleva a cabo investigación en materia de patologías y biotecnología.

- Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Tucumán:

realiza tareas de investigación de caña de azúcar, así como de formación y entrenamiento de recursos humanos.

#### h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol

En el caso de Argentina, otras materias primas, como el maíz y el sorgo, se podrían emplear en la producción de etanol. Las cifras de producción son las siguientes:

**Cuadro 3.**

#### *Producción de maíz en Argentina*

MAIZ	2004-05	2005-06	2006-07E
Área (ha.)	3.403.837	3.190.440	3.530.000
Producción (tn)	20.482.572	14.445.538	21.600.000
Rendimiento agrícola (tn/ha)	7,36	5,90	s/d
Rendimiento agrícola potencial	La cosecha actual está generando un rendimiento promedio del orden de las 8,5 tn por hectárea (34% cosechado del área recolectable). Se verifica un salto significativo con respecto a la campaña anterior, a partir de un mayor nivel de aplicación de tecnología. Se espera que este proceso de inversión continúe, especialmente en un escenario de precios altos del maíz, por lo que en el mediano plazo los rendimientos podrían continuar creciendo de modo significativo.		
Rendimiento agroindustrial actual (lts/tn)	360		
Producción por hectárea de etanol de maíz (lts/ha)	2340 lts/ha (considerando rinde promedio de las últimas tres campañas)		



Cuadro 4.

<i>Producción de sorgo en Argentina</i>			
SORGO	2004-05	2005-06	2006-07E
Área (ha.)	617.452	577.010	720.000
Producción (tn)	2.894.250	2.327.865	3.300.000
Rendimiento agrícola (tn/ha)	4,69	4,03	s/d
Rendimiento agrícola potencial	s/d		
Rendimiento agroindustrial (t <sub>s</sub> /tn)	360		
Producción por hectárea de etanol de maíz (t <sub>s</sub> /ha)	1580 (considerando rinde promedio de las últimas tres campañas)		

#### i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina

En Argentina la Ley 26.093 establece que, para el 2010, al menos el 5% de la gasolina deberá contener bioetanol; otras leyes definen incentivos para la producción de etanol y las características físico-químicas que este debe tener.

La aprobación de la Ley 26.093, en abril de 2006, constituyó un paso importante tras un trámite iniciado en 2004. Esta ley apunta a aprovechar el potencial argentino para la producción de biocombustibles, considerando, además, que, en este país, el consumo de diesel ronda actualmente los 11 mil millones de litros al año.

Asimismo, el sector agrícola, en su conjunto, es uno de los mayores consumidores de diesel del país, con una participación equivalente

al 39% del total que se consume en el país. La meta prevista en la Ley es que se elabore una mezcla de 5% (E5), la cual sería obligatoria a partir del 2010. Si se piensa que para esa fecha el consumo nacional de gasolina se ubicaría en el orden de los 4 mil millones de litros, surgiría una demanda de 200 millones de litros de etanol.

#### j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol

Tanto el Gobierno como el sector privado se muestran sumamente interesados en impulsar programas de producción y uso de bioetanol y de biocombustibles en general, dada la disponibilidad de recursos naturales con que cuenta el país. Se espera que el desarrollo de la producción de biocombustibles en Argentina contribuya a mejorar la competitividad del sector agrícola de

ese país, a reducir las emisiones de carbono, a explotar el potencial del sector agropecuario para posicionarse como fuente de energía, a generar inversión, trabajo y valor agregado a la cadena de comercialización y a abrir nuevas oportunidades para las PyMEs agropecuarias y las economías regionales.

Además de establecer una demanda cautiva a partir de la mezcla obligatoria de la gasolina con el bioetanol, la Ley 26.093 establece un régimen de promoción que cuenta con los siguientes incentivos para la producción de etanol y biodiésel:

- Promoción de la inversión en bienes de capital y obras de infraestructura: **a)** devolución anticipada del IVA o; **b)** amortización acelerada para impuesto a las ganancias.
- Los bienes que afecten a los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación no integran la base imponible de impuesto a la ganancia mínima presunta.
- Exención de impuestos a los combustibles fósiles: **a)** tasa de infraestructura hídrica (gasolina y GNC); **b)** impuesto a los combustibles líquidos y al gas natural; **c)** impuesto a la transferencia e importación de gasoil o diesel.
- La autoridad de aplicación garantiza que aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas para el fin específico de realizar las mezclas deberán adquirir el biodiésel y el etanol a los sujetos promovidos en esta ley, hasta agotar su producción

disponible a los precios que establezca la mencionada autoridad.

- Promoción de cultivos, de pequeñas y medianas empresas, de investigación y de transferencia de tecnología: **a)** la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), promoverá aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva del sector agropecuario. A tal fin, dicha Secretaría podrá elaborar programas específicos y prever los recursos presupuestarios correspondientes; **b)** la Subsecretaría de PyMEs y Desarrollo Regional (SSEPyMEyDR) promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinados a la producción de biocombustibles, contemplando el equilibrio regional; **c)** la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECyT) promoverá la investigación, la cooperación y la transferencia de tecnología entre las pequeñas y medianas empresas y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, mediante programas específicos.

Gozarán de los beneficios que se prevén en esta Ley todos los proyectos de radicación de industrias de biocombustibles que se instalen en Argentina, que se hallen habilitados con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada en esta Ley, cuyo capital social mayoritario sea aportado por el Estado nacional,



por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los Estados Provinciales, los Municipios o las personas físicas o jurídicas dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria, que, entre otros, hayan accedido al cupo fiscal total de los beneficios promocionales. El cupo fiscal se fijará anualmente en la Ley de Presupuesto para la Administración Nacional y priorizará los proyectos en función de los siguientes criterios: **a)** promoción de las pequeñas y medianas empresas; **b)** promoción de los productores agropecuarios; **c)** promoción de las economías regionales. A fin de favorecer las economías regionales, la autoridad de aplicación podrá establecer cuotas

de distribución del cupo fiscal (no inferior al 20% de la demanda total de biocombustibles).

En la SAGPyA destaca el Programa Nacional de Biocombustibles, que realiza actividades de promoción, apoyo, asesoramiento y asistencia técnica.

#### **k) Consumo anual de gasolina**

El consumo anual de gasolina en Argentina es de 4.229.421 m<sup>3</sup>. Argentina es exportadora neta de gasolina (gasolina); en 2006 las importaciones representaron el 0,8% del consumo doméstico.

### **BIBLIOGRAFÍA**

- Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno. Etanol en la Argentina. Informe presentado en el acto de constitución de la Comisión Interamericana de Etanol, Miami, diciembre de 2006.
- Centro Azucarero Argentino. Estadísticas de la zafra azucarera 2005 y 2006.
- Chacra experimental agrícola de Colonia Santa Rosa.
- EEAOC. 2007. Hoja Informativa N°15. Zafra azucarera 2006 vs. 2005: superficie implantada, producción, rendimiento, precios y margen bruto en la Provincia de Tucumán.
- EEAOC. Información institucional sobre los programas de I&D en caña de azúcar ([www.eeaoc.gov.ar](http://www.eeaoc.gov.ar))
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Salta. Relevamiento del cultivo de caña de azúcar en el noroeste argentino a partir de sensores remotos.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Información institucional sobre los programas de I&D en caña de azúcar ([www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar)).
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. Estadísticas de producción de alcoholes 2002-2005
- MAIZAR – V&A Desarrollos empresarios. 2004. La industria del etanol a partir del maíz: ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?
- SAGPyA – Dirección de Coordinación de Delegaciones. Estimaciones Agrícolas.
- SAGPyA – Dirección de Industria Alimentaria. 2006. Revista Alimentos Argentinos N° 33. Análisis de la cadena del azúcar.
- SAGPyA - Programa Nacional de Biocombustibles
- SAGPyA / IICA. 2005. Perspectivas de los Biocombustibles en la Argentina y en Brasil.



## 3.2 BELICE



La industria de la agroenergía y los biocombustibles es un hecho relativamente nuevo en Belice; sin embargo, la situación está cambiando gradualmente. Tanto el sector privado como el público dirigen la mirada a fuentes de energía más económicas y sustentables que los combustibles fósiles. La BSI (Belize Sugar Industries) busca la diversificación como forma de hacer más competitiva la industria en el largo plazo.

Belice no tiene ni directrices públicas ni leyes relacionadas con la agroenergía o los biocombustibles. No obstante, el Gobierno está consciente de la necesidad de contar con una legislación pertinente y de dictar algunas pautas básicas para regular cualquier inversión en esta área. Algunos de los criterios que resultan prioritarios son la necesidad de cuidar el medio ambiente y de contribuir a aliviar la pobreza de la población rural de Belice y a impulsar su desarrollo.

El avance más importante en materia de agroenergía y biocombustibles en Belice es la firma de un acuerdo entre la BSI (Belize Sugar Industries) y la BEL (Belize Electricity Limited) para establecer una planta que genere 25 Megavatios de electricidad mediante la quema de bagazo. Se espera que este proyecto inicie operaciones en el 2009 y reduzca la importación de energía mexicana por lo menos en un 50%. La BSI también está experimentando con distintas especies de forraje con potencial para producir etanol.

El principal reto que ha enfrentado el fomento de la agroenergía y los biocombustibles en Belice ha sido la carencia de especialización técnica y de equipo y tecnología apropiados. La producción está por debajo de la capacidad de molienda, que es de 1,2 millones de toneladas al año. Los pequeños productores precisan apoyo técnico y financiamiento para lograr esta meta.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

En el año 2006 Belice tenía 24.281 hectáreas de caña de azúcar con un rendimiento promedio de 64 ton/ha.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Belice dispone de 36.422 hectáreas de tierra con potencial para el cultivo de la caña de azúcar.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

En el 2006 la producción total de azúcar en Belice fue de 107.000 toneladas, con un rendimiento de 4,41 toneladas por hectárea.

#### **d) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

Belice no tiene políticas gubernamentales ni legislación relacionada con el tema de agroenergía o los biocombustibles.

### e) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol

El Gobierno está consciente de la necesidad de contar con legislación y políticas adecuadas y tiene interés en establecer algunas pautas básicas que regulen cualquier inversión en esta área. Criterios como la necesidad de cuidar el medio ambiente y contribuir al desarrollo y a la mitigación de la pobreza de la población rural de Belice resultan prioritarios.

Tal como se señaló, el mayor avance en la promoción de la agroenergía

y los biocombustibles en Belice es la firma de un acuerdo entre las Industrias Azucareras de Belice - BSI y la Electricidad Limitada de Belice - BEL para que la BSI establezca una planta con capacidad para generar 25 megavatios. Esta planta podrá utilizar bagazo para generar la energía eléctrica necesaria para que la BSI ponga en producción el azúcar excedente que podría ser utilizado en biocombustibles. Los inversionistas de este proyecto comenzaran su construcción en el 2007 y entrará en funcionamiento en el 2009.

### BIBLIOGRAFÍA

---

United Nations, Food and Agriculture Statistics Division, FAOSTAT.  
<<http://faostat.foa.org/site/336/destoktopdefa<ault.aspx?pageID=336>>







## 3.3 BOLIVIA



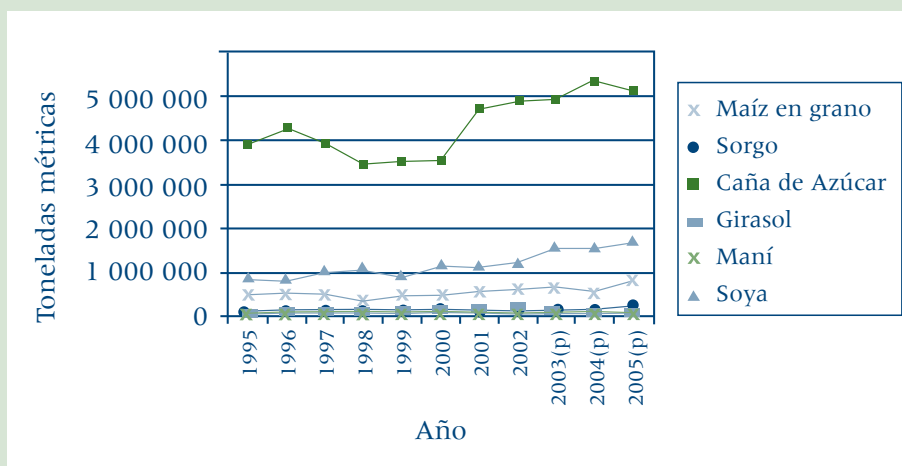
### a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual

El área de siembra de caña de azúcar en Bolivia es de 105 mil hectáreas. La producción de caña de azúcar,

cuyos niveles siempre fueron los más elevados de la producción agrícola del país, mostró un crecimiento sostenido entre 1994 y 1997, periodo a partir del cual se observó una merma permanente hasta el año 2001.

Gráfico 1.

Producción por año agrícola según cultivos, 1995 – 2005 (En toneladas métricas)



### b) Azúcar: producción, rendimiento y costos

En el 2006, la producción total de azúcar en Bolivia fue de 510.000 toneladas con un rendimiento de 6,8 toneladas por hectárea.

### c) Capacidad industrial instalada

En este momento se hallan en proceso de construcción 15 destilerías para la producción de etanol. Las destilerías oficiales, Húngaro S.A y Destilería

Guabirá, no tienen la producción suficiente para cubrir la demanda, por lo que el incremento en la inversión y la implementación de una ley se hacen necesarios.

El ingenio azucarero “Roberto Barbery Paz” tiene capacidad para procesar 115 mil toneladas de azúcar y 12 mil de etanol. La destilería Guabirá, una de las compañías más antiguas de Bolivia, se encuentra localizada en el este de la región de Santa Cruz y además de producir etanol, procesan azúcar refinado, alcohol y fertilizante.



**d) Centros de investigación que buscan mejorar los procesos de producción de caña de azúcar, de azúcar y de etanol**

Bolivia conduce una pequeña investigación en el tema de los biocombustibles. Las universidades departamentales profundizan en el tema de la energía realizando estudios sobre gas natural y petróleo.

**e) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El Gobierno nacional promulgó la Ley N° 3546, del 28 de noviembre del 2006, que tiene por objetivo la creación de la empresa “Complejo Agroindustrial de San Buenaventura”. Dicho emprendimiento fue declarado como de prioridad nacional “para la producción de azúcar, biocombustibles en base al etanol, alcohol anhidro y alcohol deshidratado, así como también la producción de palma africana para la producción de aceite y biodiesel, como fuentes de energía renovable

y compatible dentro del marco de la producción ecológicamente sostenible. Fue definida por sus características como una empresa de carácter público social”.

**f) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

Las políticas públicas promueven el cambio de la matriz energética del país estimulando la sustitución gradual de combustibles líquidos, como la gasolina, el diésel y los GLP (gases licuados del petróleo) por gas natural, que es más eficiente, limpio y tiene un menor costo de operación.

**g) Consumo anual de gasolina**

En el 2004, la producción de petróleo de Bolivia fue de 16,9 millones de barriles anuales (46.448 barriles por día) y su consumo es de 9.137 barriles por día. El consumo de gasolina de Bolivia es de 763.4 mil m<sup>3</sup>.

**BIBLIOGRAFÍA**

FAO Stats, <http://faostat.fao.org>, American Sugar Alliance, 31 Oct 2006  
[http://www.sugaralliance.org/destopdefault.aspx?page\\_id=136&resource\\_id=661](http://www.sugaralliance.org/destopdefault.aspx?page_id=136&resource_id=661)  
 “una ley autoriza la producción de alcohol carburante en Bolivia” 14 Aug. 2006  
<http://www.fedebiocombustibles.com/bolivia-alcohol-carburante.html>  
 National Federation of Biofuels, <http://www.fedebiocombustibles.com/guabiraunagro.html>



## 3.4 BRASIL



Las primeras referencias al uso de aceites vegetales como combustible en Brasil datan de la década de 1920. Ya en 1950 se registran estudios sobre el uso de aceites de oricuri, mamona y algodón en motores de diésel de 6 cilindros

A partir de los años 70, cuando el panorama energético mundial mostró signos de alarma y se hizo urgente reducir la dependencia del petróleo importado, la investigación en aceites vegetales ganó nuevo impulso.

En los últimos años, con la revaloración de los aspectos ambientales y la necesidad de optar por sistemas energéticos sostenibles, Brasil retomó el tema de los biocombustibles. Diversas instituciones empezaron a realizar actividades en este campo y se tomaron algunas decisiones gubernamentales. En el 2002, el Ministerio de Ciencia y Tecnología constituyó la Red de Investigación y Desarrollo Tecnológico Probiodiésel, con representantes de la academia, del Gobierno, de la industria automotriz y de los productores potenciales de biodiésel, para avanzar en el desarrollo de la industria del biodiésel para las condiciones brasileñas.

El Gobierno del presidente Luiz Inácio Lula da Silva, a través del Programa Nacional de Producción y Uso del Biodiésel (PNPB), organizó la cadena productiva, definió líneas de financiamiento, estructuró una base tecnológica y promulgó un marco regulador para el nuevo combustible.

Brasil explota menos de un tercio de su área agrícola, la cual constituye la mayor

frontera para la expansión agrícola del mundo. Su potencial es de cerca de 150 millones de hectáreas, de las cuales 90 millones son de nuevas fronteras y las otras 60 son de tierras dedicadas a pastos, que podrían incorporarse a la frontera agrícola en el corto plazo. El Programa Biodiésel apunta solo a la utilización de tierras no aptas para la siembra de productos alimenticios.

Brasil tiene ventajas comparativas en la producción y puede crear ventajas competitivas para ser líder mundial en el biomercado y en mercado internacional de energía renovable. La primera ventaja comparativa de Brasil es poder incorporar nuevas alternativas a la agricultura energética sin competir con la agricultura de alimentos y con impactos ambientales limitados. La segunda es que puede tener múltiples cultivos y múltiples cosechas al año, y la tercera es que, por estar en la zona ecuatorial, se encuentra en una situación privilegiada en materia de bioenergía, procedente, en este caso, de la radiación solar.

Las siguientes son algunas de las principales características de las plantas oleaginosas que contribuyen o pueden contribuir a la producción de biodiésel en Brasil:

**Mamona (Higuerilla, ricino).** Se calcula que en Brasil hay unas 160 mil hectáreas plantadas con mamona. Brasil es el tercer mayor exportador del mundo.

**Girasol.** El biodiésel puede rescatar el cultivo del girasol en Brasil.

**Dendê (Palma).** No existe una oleaginosa que produzca tanto aceite

por hectárea como el dendé. Su productividad es 10 veces mayor que la de la soya.

**Algodón.** Comienza a atraer el interés de grandes empresas, inclusive extranjeras.

**Amendoim (Maní).** Es una planta originaria de América del Sur. São Paulo es el mayor estado productor del Brasil.

**Pinhão manso (Jatropha).** Es un cultivo que permite utilizar suelos poco fértiles y arenosos, lo que abre posibilidades a algunas zonas del país.

En cuanto a la cuota de agroenergía en la matriz energética nacional, históricamente Brasil ha mostrado una sólida participación de las energías renovables en dicha matriz. En efecto, esta participación llega al 44%, cuando el promedio mundial es de 14%. La hidroelectricidad aporta el 14% y la biomasa el 29,1%. La alta participación de la biomasa se debe al crecimiento de la producción de etanol impulsada por el Programa Nacional de Alcohol, de 1975, cuya principal propuesta era reducir la dependencia externa de los combustibles.

Otro mercado para la biomasa surgió a partir de la Ley 11.097 del 2005, que le garantizó mercado al biodiésel para los próximos ocho años.

### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

En la actualidad, Brasil posee un área cultivada de caña de 5,8 millones de hectáreas, las cuales generan una

producción cercana a los 408 millones de toneladas. Esto hace del país el mayor productor de caña en Latinoamérica. Por su parte, el rendimiento que genera una hectárea de caña es de aproximadamente 77 toneladas.

### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

De acuerdo con las expectativas de producción de etanol en Brasil, se estima que se podrían destinar unos 12 millones de hectáreas adicionales a la producción de caña.

### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

En el año 2005, la producción de azúcar en Brasil fue de 29.500.000 toneladas.

### **d) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

La producción de etanol por hectárea es de 6.500 a 7.000 litros. En el periodo 2005-2006 se observó una producción de 15,8 millones de m<sup>3</sup> anuales, y para el ciclo agrícola siguiente, se espera una producción de 16,8 m<sup>3</sup>.

### **e) Capacidad industrial instalada**

Actualmente se estima que la capacidad industrial instalada para producir etanol en Brasil es de 18 billones de litros. Considerando que en el 2005



el consumo interno fue de cerca de 13,5 billones de litros (12,5 billones de litros con fines de combustible y 1 billón con fines industriales), la disponibilidad para la exportación rondaría los 2-2,5 billones de litros de etanol, dependiendo del total de la producción en el 2006 y de eventuales acumulaciones de inventarios.

Si se considera la capacidad total de producción, se tendría un potencial para la exportación de 4,5 billones de litros. Si el consumo interno se mantiene en el nivel actual se podría esperar que en 6 o 7 años las exportaciones brasileñas de etanol estén entre los 5 y los 6 billones de litros. En este sentido, la producción doméstica tendrá que alcanzar una magnitud de 20 billones de litros para atender la demanda interna, que crece día con día y que es impulsada por los vehículos automotores Flex Fuel.

#### **f) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña de azúcar, de azúcar y de etanol**

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) está conformada por 40 unidades industriales que se asociaron y reunieron a más de dos mil investigadores que trabajan en diferentes temas, productos y ecosistemas, entre ellos, el tema de la agroenergía. En mayo de 2006, por medio de la Resolución del Consejo de Administración No. 61, se constituyó, de manera oficial, una nueva unidad de EMBRAPA. La creación de esta

unidad se apoya en la necesidad mundial, cada vez mayor, de usar energías alternativas, y su intención es impulsar la producción de materias primas agropecuarias para el desarrollo de la actividad en el país.

#### **g) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

Brasil posee una gran variedad de productos sustitutos para la producción de etanol, aunque es el principal productor y exportador de biocombustibles en Latinoamérica, a partir de la caña de azúcar. Entre los productos sustitutos más destacados se encuentran: el sorgo, el trigo, la batata, la batata dulce y la mandioca. Sus niveles de producción son altos, especialmente el del trigo; sin embargo, el rendimiento registrado en cada uno de ellos es bajo, a excepción de la batata, que durante los últimos años ha reportado rendimientos por encima de las 11 toneladas por hectárea.

#### **h) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El Programa Nacional del Alcohol (Proalcohol) es considerado, en Brasil, como un marco en la legislación de la agroenergía. La decisión sobre la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, si se considera el precio del azúcar, fue una decisión política y económica, pues suponía el aporte de inversiones adicionales. Esta decisión se tomó en 1975, momento en que el Gobierno Federal, a través del



Cuadro 5.

**Brasil: Producción y rendimiento de productos agropecuarios potenciales para la producción de Etanol (2000-2005)**

Producto	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Producción</b>						
Sorgo	779,608.00	914,380.00	786,757.00	1,804,920.00	2,158,872.00	1,520,539.00
Trigo	1,661,526.00	3,364,950.00	3,105,660.00	6,153,500.00	5,818,846.00	4,658,790.00
Batata	484,443.00	484,599.00	498,046.00	533,165.00	538,503.00	538,503.00
<b>Rendimiento</b>						
Sorgo	1,48	1,88	1,88	2,39	2,32	1,93
Trigo	1,56	1,95	1,48	2,4	2,1	1,97
Batata	11,03	11,35	11,35	11,5	11,5	11

Fuente: FAO

referido programa, decidió impulsar la producción de alcohol para sustituir la gasolina pura, con el objetivo de reducir las importaciones de petróleo que representaban entonces un peso importante en la balanza comercial externa. En aquel momento, el precio del azúcar en el mercado internacional estaba cayendo rápidamente lo que tornaba conveniente cambiar la producción de azúcar por alcohol.

En el Proalcohol se destacan cinco fases distintas:

#### *1ª) 1975 a 1979 – Fase inicial*

El esfuerzo se dirigió sobre todo a la producción de alcohol anhidro para utilizarlo en la mezcla de gasolina. En esta fase, el logro principal fue el de las destilerías que se anexaron al programa. La producción alcoholera creció de 600 millones de litros por año

(1975-1976) a 3,4 billones de litros por año (1979-1980). Los primeros carros que se movilizaron exclusivamente con alcohol aparecieron en 1978.

#### *2ª) 1980 a 1985 – Fase de la consolidación*

Segunda crisis petrolera (1979-80): triplicó el precio del barril de petróleo y en 1980 las compras de este producto pasaron a representar el 46% de las importaciones brasileñas. El Gobierno resolvió entonces adoptar medidas para implementar el Proalcohol. Se crean organismos como el Consejo Nacional del Alcohol (CNAL) y la Comisión Ejecutiva Nacional del Alcohol (CENAL) para agilizar el programa. La producción alcoholera alcanzó un tope de 12,3 billones de litros en 1986-1987, superando en un 15 % la meta inicial del Gobierno,



de 10,7 billones de litros por año a finales del periodo. La proporción de carros movilizadas con alcohol en el total de automóviles de ciclo Otto (de pasajeros y de uso mixto), producidos en el país, aumentó de 0,46% en 1979 a 26,8% en 1980 y alcanzó un techo de 76,1% en 1986.

### 3ª) 1986 A 1995 – Fase de estancamiento

En 1986 se alteró el escenario internacional del mercado de petróleo. Los precios del barril de crudo bajaron de US\$ 30 a 40 y luego de US\$ 12 a 20. Ese nuevo período, denominado “*contra-crisis del petróleo*”, puso en jaque todos los programas de sustitución de hidrocarburos fósiles y de uso eficiente de la energía en todo el mundo. En la política energética brasileña los efectos se sintieron a partir de 1988 y coincidieron con un periodo de escasez de recursos públicos para subsidiar los programas de estímulo a la energía alternativa, lo que resultó en un decrecimiento considerable en el volumen de las inversiones en los proyectos de producción interna de energía. La oferta de alcohol no pudo acompañar de forma equilibrada el crecimiento en la demanda de carros impulsados por alcohol, y alcanzó niveles superiores a 95,8% de las ventas totales de vehículos de ciclo Otto para el mercado interno en 1985.

Los precios bajos que se pagaron a los productores de alcohol luego de la abrupta caída de los precios internacionales del petróleo (que inició a finales de 1985) impidieron el incremento de la producción interna. Por otra parte, la demanda de los consumidores por etanol se mantuvo estimulada: los precios de este producto seguían resultando atractivos comparados con los de la gasolina y los impuestos a los vehículos impulsados con alcohol se mantuvieron más bajos que los de los vehículos de gasolina. Esta combinación de desestímulo a la producción de alcohol y de estímulo a la demanda, por los factores de mercado y por la intervención gubernamental apuntados arriba, generó una crisis de abastecimiento en el periodo entre zafas de 1989-1990. Vale destacar que en el periodo anterior a la crisis de abastecimiento hubo un desestímulo, tanto para la producción de alcohol, como para la producción y exportación de azúcar, que en aquella época dependía de los precios fijados por el Gobierno.

### i) Programas públicos y privados de producción y uso del etanol

Según estimaciones del Banco Mundial y de la Unesco (2003), Brasil destina menos del 1% de su Producto Interno Bruto a actividades de investigación (I&D)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> En el país, una gran variedad de instituciones gubernamentales y de fundaciones promueven la investigación de otros sectores productivos potenciales. Además, un gran número de compañías privadas se encuentran involucradas en el tema de los biocombustibles

## j) Mecanización e irrigación

El sureste del país está dominado por agricultores comerciales que cuentan con los últimos avances técnicos en materia de siembra y cosecha (mecanización). Asimismo, esta región recibe la mayoría de las precipitaciones del país. Las irrigaciones de invierno permiten duplicar las cosechas de cultivos como el algodón, los granos y la caña de azúcar, entre otros. También se dispone de sistemas de irrigación suplementaria en casos de que esta sea necesaria, por ejemplo, en el verano.

En la región nordeste del país, por su parte, se observa la presencia de zonas semiáridas y las precipitaciones, que van de 750 mm a menos de 250 mm, se distribuyen irregularmente a lo largo del año. Aquí se encuentran los agricultores más pobres del país, por lo que no cuentan con sistemas de recolección avanzados. La mayoría de ellos practica la agricultura de subsistencia, y la recolección de la caña se hace mayormente a mano.

## BIBLIOGRAFÍA

---

Información suministrada por las Oficinas del IICA en América Latina: Situación y Perspectiva de la Producción de Etanol en América Latina. Documentos Originales y Borradores. Comisión Interamericana de Etanol.

Página web de la FAO: [www.fao.org](http://www.fao.org). Bases estadísticas sobre producción.

Página web, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Perfiles hídricos por países.

ROTHKOPF, Garten. Un modelo de energía limpia para las Américas. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).





## 3.5 CANADÁ



Canadá todavía no ha logrado “despegar” en materia de producción de biocombustibles, pese a tener una agricultura que podría aportar materias primas tanto para la producción de etanol como para la producción de biodiésel. El BID señala que para que esta industria surja y los biocombustibles se conviertan en un sector económicamente estratégico es necesario que Canadá diseñe incentivos adecuados y defina cuál va a ser su estrategia para que esta industria sea competitiva en relación con los países vecinos del sur

Durante el 2002, los ministros provinciales intentaron llegar a un acuerdo sobre una cartera estándar para impulsar la energía renovable y fomentar tecnologías que pudieran incorporarse al sector energético y agrícola, a fin de diversificar la matriz energética del país. A pesar de los esfuerzos, no hubo acuerdo y actualmente continúa en vigencia una gran variedad de programas, políticas e incentivos en las diferentes provincias.

Luego de una amplia consulta nacional, el Gobierno Federal propuso el Plan “Cambio climático para Canadá”, en el que se determinan medidas para mejorar la eficiencia de los vehículos fabricados en el país, para incrementar la mezcla de gasolina con etanol y para aumentar la producción de biodiésel en 500 millones de litros al 2010. Este Plan también prevé los recursos necesarios para apoyar, durante el período 2003-2007, la superación de las barreras, tanto técnicas como comerciales,

que impiden el desarrollo de la industria del biodiésel. Esta industria se “alimenta” de materias primas de bajo costo, como el cebo y la canola (Iniciativa Canadá Biodiésel).

También se encuentra en marcha el Programa de expansión del etanol, que prevé ayudas federales a seis proyectos de producción de etanol en las provincias de Ontario, Manitoba y Alberta. Esta acción va a permitir que se cumpla la meta de lograr que en el 2010 el 35% de la gasolina que consume el país sea una mezcla de E10. Actualmente se define el porcentaje de mezcla obligatoria en el país, autorizado por la Ley de Aire Limpio del 2006. Una disposición que obligue a una mezcla del 5%, estándar que tiene amplio consenso político y crearía una demanda de 3,1 billones de litros de etanol al año, lo que equivale a doce veces la oferta actual de la producción nacional.

En resumen, la mayoría del apoyo federal se dirige a los agricultores y las comunidades rurales, a fin de impulsar emprendimientos en el campo de los biocombustibles y estudios de factibilidad para su producción. Las provincias, por su parte, se concentran, más bien, en propiciar incentivos como la exención de impuestos, y algunas, como Saskatchewan, Manitoba y Ontario, aplican un porcentaje obligatorio de mezcla de gasolina y etanol. Algunas de las características principales de la producción de etanol en Canadá y de las materias primas en que se basa son las siguientes:



### **a) Producción de etanol y rendimiento de los cereales**

En Canadá, la producción actual de etanol se estima en cerca de 250 millones de litros, y proviene, en un 93%, de tres cereales: maíz 73%, trigo 17% y cebada 3%.

### **b) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de cereal) y costos**

Canadá no produce suficientes granos forrajeros para satisfacer la demanda y el consumo de biocombustibles es todavía bajo. La producción doméstica de etanol, estimada en 250 millones de litros por año representa solo el 0,7% del consumo total de petróleo. En el 2005, Canadá importó 152 millones de litros de etanol procedentes en su mayoría de Estados Unidos.

### **c) Capacidad industrial instalada**

El sector de los biocombustibles en Canadá ha recibido en los últimos años aportes importantes, tanto en materia de producción como de adquisición de tecnología. Son de destacar los avances en la producción de etanol celulósico. Gracias a una alianza entre la Shell y la Petro-Canadá, en Ottawa se está instalando una planta para transformar biomasa en etanol. Esta planta es capaz de procesar 30 toneladas diarias de materia prima. Además, el Gobierno está invirtiendo cerca de 218 millones de dólares en la construcción de una planta de etanol celulósico que comenzará a funcionar en el 2007.

Una empresa canadiense está en proceso de vender tecnología patentada para la producción de etanol celulósico a una empresa china y se han registrado inversiones para obtener biocombustibles a partir de alfalfa, canola y grasas animales.

### **d) Investigación y desarrollo**

Canadá está haciendo una inversión considerable en ciencia y tecnología para constituirse en un país líder en materia de tecnología para la producción de biocombustibles. Algunas de las principales instituciones vinculadas a este esfuerzo son:

El Natural Resources Canada (NRCan): este organismo apoya a innovadores públicos y privados a comercializar sus ideas para la producción de energías renovables; apoya sobre todo proyectos para producir etanol a partir de desperdicios agrícolas, como la paja, y desperdicios forestales, como la viruta y el aserrín, así como la conversión de basura municipal en etanol.

El CANMET (Canadian Energy Technology Centre): esta institución promueve la utilización de energía limpia a través de programas, misiones comerciales y recepción de delegaciones de otros países. A partir de este centro se crearon oficinas de promoción comercial en Polonia, México y la India, para facilitar la expansión de la tecnología canadiense, apoyar los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y fomentar alianzas

para la implementación de proyectos que busquen reducir las emisiones de gases de invernadero.

El Office of Energy Research and Development (OERD) dirige las actividades del Gobierno en ciencia y tecnología. Aporta fondos y trabaja con doce agencias y departamentos federales, y extiende su colaboración a otros niveles del Gobierno, al sector privado y a las instituciones de educación superior. Representa a Canadá en el Comité de Investigación y Tecnología en Energía, de la Agencia Internacional de Energía.

### **BIBLIOGRAFÍA**

---

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







## 3.6 CHILE



Chile no produce azúcar, por lo que no se dispone de información acerca de áreas de producción, rendimientos, costos de producción, sistemas de riego y mecanización relacionados con este producto. Tampoco se cuenta todavía con un marco regulador que establezca la producción y consumo de etanol en el país, ni se reportan centros de investigación que se dediquen actualmente a analizar la viabilidad de su producción y comercialización. Sin embargo, parte de la atención del Gobierno y de las instituciones privadas se ha centrado en la necesidad de producir energía renovable, a través de materias primas agrícolas. Esto se une a la necesidad de encontrar un uso alternativo a los productos agrícolas con el fin de acelerar procesos agrícolas e industriales que generen un mayor beneficio a los productores.

### **a) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Como no existe el cultivo de la caña, la posibilidad de producir etanol se centra en el cultivo de productos sustitutos. Se estima que podrían destinarse 150.000 hectáreas para la producción de cerca de 457.000 m<sup>3</sup> de etanol, a partir de trigo, avena, maíz, papa y remolacha, en ese orden, ya que son productos de alto rendimiento y que podrían utilizarse como materia prima para la generación de energía. De dichos productos, el maíz ha sido

identificado como el más viable para la producción de etanol en Chile.

### **b) Etanol: producción**

Aún no existe producción de etanol en Chile; sin embargo, en términos de demanda y según estudios realizados, si se introdujera una mezcla obligatoria de etanol con gasolina, al 5%, se crearía una demanda de 157 millones de litros de etanol para el año 2010 y de 176 millones de litros para el año 2014<sup>6</sup>.

### **c) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

Aunque Chile no es productor de caña, cuenta con productos alternativos para la producción de etanol, entre ellos, trigo, avena, maíz, papa y remolacha. En la cosecha 2005-2006, se dedicaron 618.340 hectáreas al cultivo de estos productos.

### **d) Centros de investigación que buscan mejorar los procesos de producción de caña de azúcar, de azúcar y de etanol**

No es sino hasta ahora que Chile está emprendiendo su camino a la producción de biocombustibles; por lo tanto sus aportes a la investigación del tema han sido pequeños; sin embargo, el Ministerio de Agricultura, a través de la Fundación de Innovación

<sup>6</sup> ROTHKOPF, Garten. *Un Modelo de Energía Limpia para las Américas*. Banco Interamericano. Chile.



Agrícola (FIA), designó 1 millón de dólares para su promoción<sup>7</sup>.

Los estudios de la FIA se han centrado en la posibilidad de utilizar maíz y caña de azúcar como materias primas para la producción de etanol, teniendo en mente una mezcla inicial de un 10%.

Asimismo, hay otra entidad de carácter público llamada Fondo de Innovación Tecnológica de la Región del Bio Bio, cuyas líneas de trabajo se centran en proyectos de investigación que estudian la posibilidad de obtener bioetanol a partir de biomasa forestal, y en la producción y comercialización de bioetanol a partir de la madera y los subproductos de su industrialización.

#### e) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol

Uno de los cinco ejes estratégicos de la política agraria del actual Gobierno es “contribuir a la generación energética de fuentes renovables”, razón por la cual el MINAGRI ha dirigido su atención a: a) avanzar en forma decidida hacia la creación de condiciones que permitan el fomento y el desarrollo de la bioenergía en el país, como una tarea nacional, y b) reunir a los actores y agentes involucrados e interesados en esta tarea, agrupar todas las iniciativas y experiencias existentes, y sumar todas las voluntades necesarias, para poner en marcha este tema, que es estratégico y tiene un gran potencial por desplegar.

Dos han sido las instancias destinadas a impulsar esta iniciativa: la creación de una comisión interministerial integrada por los ministerios de agricultura, minería, energía y economía, y la creación de un comité público-privado, encargado de elaborar una propuesta técnica, económica y legal sobre la materia.

Asimismo, el Gobierno actual, a través de un comunicado, hizo las recomendaciones necesarias para incentivar la producción de biocombustibles en el país. Entre ellas se encuentran la implementación de impuestos específicos para los productores y la implementación de un marco regulador que asegure la demanda. De igual forma, se señaló que desde el punto de vista económico sería eficiente importar biocombustibles de países productores como Brasil y Argentina.

En cuanto a incentivos privados, Petrobras, compañía brasileña productora de petróleo anunció su interés de invertir en una planta de etanol en Chile.

### Contenidos de la política energética del Gobierno

#### ■ Ejes de la política energética

- Promover las inversiones
- Estabilidad en las reglas del juego
- Adaptabilidad a las condiciones cambiantes del entorno

<sup>7</sup> ROTHKOPF, Garten. *Un Modelo de Energía Limpia para las Américas*. Banco Interamericano. Chile.

### ■ *Objetivos*

- Seguridad en el abastecimiento
- Eficiencia económica
- Sustentabilidad

### ■ *Seguridad en el abastecimiento*

- Diversificación de la matriz energética
- Diversificación de las fuentes de energía
- Mayor grado de independencia

### ■ *Eficiencia económica*

- Promoción de la competencia
- Regulación eficiente
- Uso eficiente de la energía

### ■ *Sustentabilidad*

- Resguardo del medioambiente
- Compensaciones y mitigaciones adecuadas
- Promoción de la responsabilidad social

### ■ *Líneas de acción*

- Medio ambiente: evaluación del impacto ambiental de los biocombustibles y sus mezclas:
  - (CONAMA y el Ministerio de Transporte, realizarán estudio para medir la eficiencia de los motores y las emisiones contaminantes)

- Definición del tipo y la calidad del producto
  - Establecer normas nacionales de calidad
  - Definir tratamiento como aditivo o combustible
  - Definir exigencia del contenido estándar de biocombustible en los combustibles tradicionales
- Política agrícola para plantaciones relacionadas con biocombustibles
  - Le corresponde al Ministerio de Agricultura definir esta línea de acción
  - Tributario: definición de política tributaria para los biocombustibles

### ■ *Normativas técnicas*

- Regular el uso de los biocombustibles por tipo de usuario
- Establecer medidas de seguridad de producción, distribución, transporte y expendio de ETOH y BD y las mezclas posibles con combustibles tradicionales (tanques, pistolas, mangueras, mezclado, trasvase, distancias de seguridad, consumos propios, etc.)
- Regular el registro de instalaciones (desincentivo a instalaciones y/o productos informales/adulterados)

### ■ *Normativa automotriz*

- Establecer modelos de vehículo que puedan usar E5, E10, E100, B5, B10, B20, B100



- Homologación de emisiones de vehículos que funcionen con biocombustibles (sello verde)
- Capacitación a plantas de revisión técnica

#### f) Consumo anual de gasolina

En el año 2006, el consumo de gasolina en Chile fue de 3 millones de metros cúbicos, y se estima que para el 2014 se incrementará en 600 mil metros cúbicos.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

---

Información suministrada por las Oficinas del IICA en América Latina: Situación y Perspectiva de la Producción de Etanol en América Latina. Documentos Originales y Borradores. Comisión Interamericana de Etanol.

Página web de la FAO: [www.fao.org](http://www.fao.org). Bases estadísticas sobre producción.

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



## 3.7 COLOMBIA



Colombia es uno de los países de mayor producción y productividad en AL en dos materias primas de enorme peso en la producción futura de biocombustibles, como son el azúcar y el aceite de palma. El país tiene excedentes exportables de estos dos productos y la producción de biocombustibles, tanto para el mercado interno como para el mercado internacional, a partir de dichos productos, le abre una nueva e importante posibilidad de negocios, de creación de empleo y en general, de creación de riqueza.

A lo anterior se suma la posibilidad que tiene el país de expandir su frontera agrícola, no solo en lo que concierne a estos dos productos sino a otros como el maíz, la soya y la yuca. Esta situación ha creado gran expectativa y el sector privado ha dado señales de querer invertir en este campo. Asimismo, ha inducido al Gobierno a crear un marco regulador que se espera que tenga repercusiones positivas en el crecimiento de este subsector.

Cuadro 6.

*Caña de azúcar cosechada en Colombia entre 1991 y 2005*

Año	Ministerio de Agricultura	Asocaña	Cosechada
	Cosechada	Bajo cultivo	
1991	112.640	160.291	124.043
1992	142.224	165.226	126.912
1993	175.731	178.534	124.707
1994	154.461	181.063	133.729
1995	179.206	181.893	163.694
1996	180.391	184.039	178.025
1997	184.992	192.793	170.151
1998	174.445	196.276	173.700
1999	205.044	197.353	167.099
2000	217.570	193.996	184.986
2001	203.069	189.811	176.828
2002	218.706	205.555	165.732
2003	212.651	198.038	170.662
2004	203.384	197.013	174.096
2005*	212.446	200.218	176.366
<b>Crec(%)</b>	<b>3,8%</b>	<b>1,5%</b>	<b>2,8%</b>



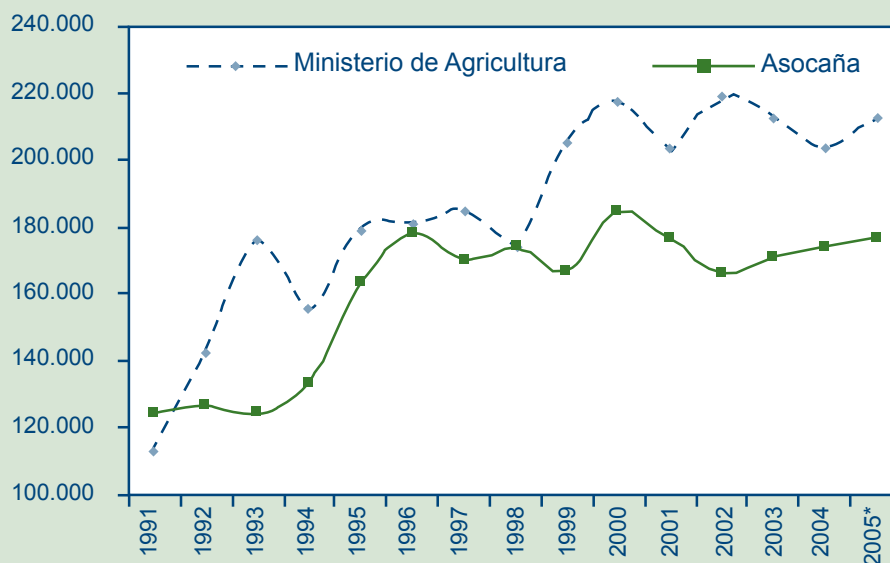
### a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual

Para calcular el área de caña de azúcar plantada y cosechada, existen dos fuentes de información, una de origen público y otra de origen privado, respectivamente: el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y la Asociación Colombiana de Cultivadores de Caña de Azúcar (Asocaña). Ambas fuentes coinciden en que el área cosechada de caña de

azúcar se incrementó en el periodo comprendido entre 1991 y 2005. Para el Ministerio dicha área creció, en promedio, a una tasa anual del 3,8%, pasando de 112.640 hectáreas en 1993 a 212.446 hectáreas en el 2005. Asocaña, en cambio, considera que, en ese mismo periodo, el crecimiento fue más tenue, con una tasa promedio anual del 2,8%, y señala que el área cosechada pasó de 124.043 hectáreas en 1991 a 176.366 hectáreas en 2005 (ver cuadro 6 y gráfico 1).

Gráfico 2.

Superficie cosechada de caña de azúcar en Colombia (hectáreas)



Fuente: Ministerio de Agricultura (2005), Asocaña (2005).



Cuadro 7.

*Rendimientos de la cosecha caña de azúcar en Colombia entre 1991 y 2005 (toneladas por hectárea)*

Año	Tons. de caña por hectárea cosechada	Ton. azúcar hectárea cosechada -año	% Ton. Azúcar / Ton. Caña
1991	117,0	12,2	11,2
1992	121,4	12,4	11,6
1993	130,9	11,9	11,0
1994	129,5	11,0	11,1
1995	108,9	11,0	11,4
1996	101,3	11,1	11,7
1997	105,0	11,8	11,8
1998	105,9	11,6	11,3
1999	116,1	11,9	11,4
2000	105,8	11,0	11,5
2001	102,9	12,1	11,9
2002	121,9	13,4	11,8
2003	125,6	12,8	11,7
2004	126,7	12,8	11,8
2005	122,9	13,1	11,7
<b>Crecim. %</b>	0,1%	0,8%	0,4%

De igual forma, según Asocaña los rendimientos de caña por hectárea y de azúcar por tonelada de caña han venido creciendo y pasaron, en el primer caso, de 116,99 t/h en 1991 a 122,9 t/ha en el 2005, con una tasa

anual promedio de crecimiento de 0,1%. El crecimiento de la producción de azúcar pasó de 11,158% toneladas de azúcar por tonelada de caña en 1991 a 11,7% toneladas de azúcar por tonelada de caña, en el 2005, lo que equivale a una tasa de crecimiento anual promedio de 0,4% para el periodo (cuadro 7).

#### b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar

Algunos estimativos señalan que la frontera de caña de azúcar se puede ampliar en cerca de 200.000 hectáreas.

#### c) Azúcar: producción, rendimiento y costos

Según cifras del Ministerio de Agricultura, en el 2003 el cultivo de caña de azúcar ocupó el 8,1% del área cosechada de cultivos permanentes y el 4,5% del área total de cultivos en Colombia. Esta superficie se halla por debajo de la que ocupa la caña panelera, que cubre el 11,7% del área cosechada de cultivos permanentes y el 6,5% del área cosechada nacional. Por su parte, la producción de caña de azúcar representó el 14,3% del valor de la producción de cultivos permanentes y el 9% del valor de la producción agrícola.

#### d) Mecanización e irrigación

El 100% del área cultivada de caña de azúcar recurre a la mecanización, dado que presenta, en su totalidad, una

Cuadro 8.

*Producción de azúcar en Colombia 2000-2006*

Año	Producción total de azúcar (t.m.v.c)*	Producción total de azúcar por Ha. (Tm de azúcar por hectárea cosechada/año)
2000	2.391.324	11.14
2001	2.244.756	11.95
2002	2.528.756	13.46
2003	2.649.966	13.08
2004	2.741.363	12.96
2005	2.683.215	13.05
2006	2.415.117	n.d.

\*Toneladas Métricas Valor Crudo

topografía plana, buenas condiciones climatológicas y de terreno, y buenas vías de acceso. Estas condiciones, entre otras, permiten la cosecha y la molienda durante todo el año, así como la especialización en un solo cultivo, lo que facilita una de las productividades más altas del mundo. De esta forma, el sector azucarero colombiano está avanzando hacia una agricultura cada vez más moderna, que busca la máxima eficiencia en el cultivo y que, para lograr esto, se apoya en tecnologías modernas y en variedades de caña más productivas y con mejor capacidad de adaptación a las condiciones del terreno.

De acuerdo con Cenicaña, el 95% del área cultivada con caña de azúcar, emplea sistemas de irrigación.

#### e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos

Asocaña calcula que el consumo de anual de gasolina para las ciudades de más de 500 mil habitantes y para las áreas metropolitanas (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Pereira, Bucaramanga) ronda los 76,7 KBD<sup>8</sup> (12 millones de litros por día). Por lo tanto, y teniendo en cuenta las disposiciones

<sup>8</sup> Kilobarriles por día



legales, se necesitarían 7,67 KBD de alcohol anhidro por día, para oxigenar las gasolinas con un 10% de alcohol anhidro; es decir, 1,2 millones de alcohol anhidro por día.

Esto quiere decir que, para cubrir la demanda anual de las siete ciudades, es necesario contar con 5,93 millones de toneladas de caña de azúcar, lo que corresponde, en términos de área, a unas 54 mil hectáreas de caña de azúcar.

En el caso de que se oxigenaran la gasolina de todo el país, las necesidades serían de 1,4 millones de litros de alcohol anhidro por día. Esta producción demandaría 7 millones de toneladas de caña de azúcar al año y 63 mil hectáreas sembradas con este cultivo.

Según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se estima que, de acuerdo con la demanda actual, para el año 2010 la producción de etanol se incrementará aproximadamente en un 75%, al pasar de 1.370.000 litros/día a 2.400.000 litros/día, y se espera que haya alrededor de 28 destilerías. El Ministerio de Minas y Energía, por su parte, estima que los dos primeros años de producción se dedicarán exclusivamente a la comercialización interna, con el fin de abastecer el mercado nacional, y a partir del 2008, la producción será de tal magnitud que suplirá la demanda interna y permitirá la exportación del producto (ver cuadro 9 y gráfico 2).

Como se mencionó anteriormente, las primeras plantas de alcohol comenzaron a funcionar en octubre del año pasado (Incauca y Manuelita)

y en los últimos tres meses de ese año consolidaron una producción total de 27,4 millones de litros. En febrero y marzo de este año las plantas de los ingenios Mayagüez, Providencia y Risaralda empezaron a funcionar, con lo que aumentaron la capacidad de abastecimiento de alcohol carburante. Durante los siete primeros meses del año estos ingenios vendieron un poco más de 148 millones de litros de alcohol (ver cuadro 10 y gráfico 3).

Según las proyecciones de Asocaña, para lo que resta del año se venderán 122 millones de litros, con lo que se llegará a un total de 270 millones de litros de alcohol vendidos durante el año 2006.

De la producción y comercialización de etanol se beneficiarán el Gobierno, las empresas productoras y los agricultores, dada la posibilidad de maximizar los beneficios para cada uno de ellos. De la misma forma, se presentaría un mejoramiento en la balanza comercial al reducirse las importaciones de combustibles fósiles, y al observarse un aumento en la inversión en la infraestructura en las zonas rurales.

Las empresas productoras de caña, los complejos industriales y los agricultores se beneficiarán de los ingresos que generen los procesos de producción y distribución de caña y etanol. El sector se fortalecerá aún más y esto generará una mayor capacidad productiva y, por ende, un mayor excedente. Asocaña afirma que en Colombia existen aproximadamente 450.000 hectáreas de caña, 250.000

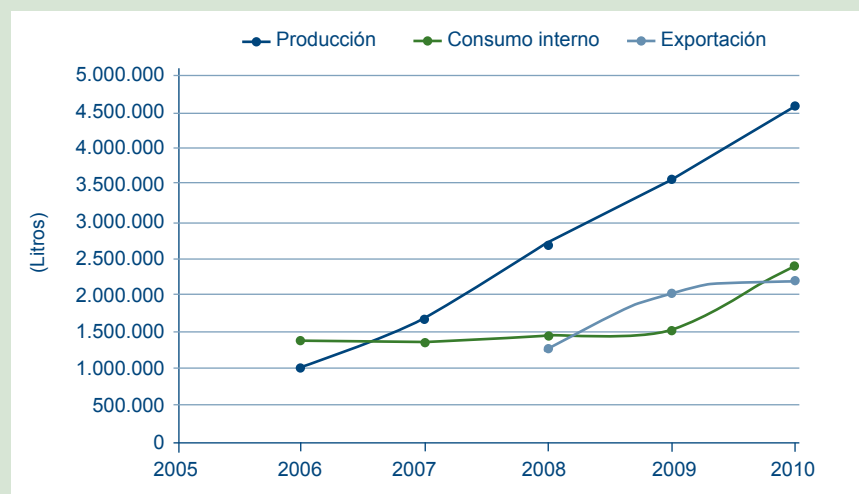
Cuadro 9.

*Estimativo de producción y consumo de etanol en Colombia*

	2006	2007	2008	2009	2010
Has	43.000	66.000	108.000	146.000	193.000
Lt prom.día	983.000	1.670.500	2.677.200	3.548.400	4.574.000
No. plantas	6	9	15	21	28
consumo litros/día	1.370.000	1.370.000	1.430.000	1.510.000	2.390.000
Exportación (litros)			1.247.200	2.038.400	2.184.000

Fuente: Ministerio de Minas y Energía

Gráfico 3.

*Estimativo de la producción y el consumo de etanol*

Fuente: Elaborado con base en datos del Ministerio de Minas y Energía.



**Cuadro 10.**

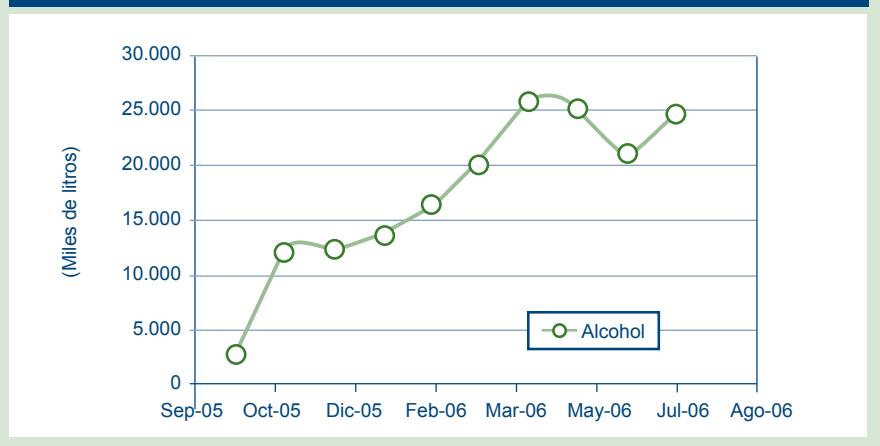
*Molienda de caña, producción de azúcar y de alcohol carburante*

Mes	Producción		
	Caña (t)	Azúcar (tmvc <sup>9</sup> )	Alcohol (miles de litros)
Oct-05	1.884.271	234.609	2.794
Nov-05	1.744.281	201.349	12.255
Dic-05	1.653.948	190.290	12.338
<b>2005</b>	<b>21.784.805</b>	<b>2.683.215</b>	<b>27.387</b>
Ene-06	1.694.824	179.919	13.698
Feb-06	1.812.300	208.278	16.381
Mar-06	1.964.267	211.444	20.105
Abr-06	1.631.500	163.502	25.799
May-06	1.689.423	165.715	25.208
Jun-06	1.541.843	152.046	21.035
Jul-06	2.022.385	222.004	24.791
<b>2006</b>	<b>12.356.542</b>	<b>1.302.909</b>	<b>147.017</b>

Fuente: Asocaña 2006. Informe trimestral de mercadeo.

**Gráfico 4.**

*Molienda de caña, producción de azúcar y de alcohol carburante*



Fuente: Elaborado con base en Asocaña 2006. Informe trimestral de mercadeo

<sup>9</sup> tmvc: toneladas métricas valor crudo. Se refiere al peso del azúcar en términos equivalentes a azúcar crudo.

de las cuales se encuentran en la zona del Valle del Cauca, destinadas a la producción de azúcar. Se espera que la producción de caña se incremente en el resto del país conforme se incremente el número de instalaciones productoras de etanol.

#### f) Capacidad industrial instalada

La capacidad de molienda de los 14 ingenios del país es de 80.000 toneladas de caña por día, las cuales se dividen entre la producción de alcohol y la producción de azúcar. Según lo dispuesto por la Ley 693 de 2001, en el Valle del Río Cauca se comenzaron a implementar las

primeras plantas productoras de alcohol carburante: el 28 de octubre de 2005 se inauguró la primera productora de alcohol, la del ingenio del Cauca-Incauca. Ese mismo mes inició producción la planta del ingenio Providencia, y en marzo de 2007 las plantas de los ingenios Manuelita, Mayagüez y Risaralda. Estos cinco ingenios<sup>10</sup> instalaron destilerías en sus plantas y tienen una capacidad de producción de un millón cincuenta mil litros diarios<sup>11</sup>; además, han realizado inversiones por aproximadamente US\$ 80 millones, aunque el Ministerio de Minas y Energía<sup>12</sup> informa que fueron del orden de los US \$ 100 millones (ver cuadro 11).

**Cuadro 11.**

#### *Inversión y capacidad de producción de las plantas que procesan caña de azúcar*

Departamento	Inversionista	Inversión (Mill. US \$)	Capacidad (l/día)	Fecha de Funcionamiento
Cauca	Ingenio del Cauca	20	300.000	Octubre de 2005
Valle del Cauca	Ingenio La Manuelita <sup>13</sup>	14.3	250.000	Octubre de 2005
Valle del Cauca	Ingenio Mayagüez	18.2	150.000	Marzo de 2006
Valle del Cauca	Ingenio Providencia	13	250.000	Marzo de 2006
Risaralda	Ingenio Risaralda	14.2	100.000	Febrero de 2006

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, Asocaña, Revista Dinero y Diario Portafolio.

<sup>10</sup> Jorge Bendeck, presidente de la Federación Nacional de Biocombustibles, afirma que la producción actual de las cinco plantas de etanol que hay en el Valle del Río Cauca (Incauca, Providencia, Manuelita, Mayagüez y Risaralda), que asciende a un millón de litros diarios de alcohol carburante, equivale a haber descubierto un campo petrolero de 16.500 barriles por día, no declinables. Fuente: Revista Dinero, Edición 257. Artículo: La fiebre del etanol.

<sup>11</sup> Todavía se necesita más etanol. La producción de las plantas actuales equivale al 57% de la demanda que se genera, debido al requisito de que se debe incorporar un 10% de etanol en la gasolina, el cual por ahora solo está vigente en Bogotá, el Valle del Cauca y el Eje Cafetero. Se necesitan otros 600.000 litros de etanol al día para cubrir todo el territorio. *Ibid.*

<sup>12</sup> Memorias al Congreso Nacional 2005 -2006.

<sup>13</sup> Ampliará la producción a 300.000 litros por día.





### **g) Centros de investigación que buscan mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

Cenicaña es una corporación privada de carácter científico y tecnológico, sin ánimo de lucro, fundada el 6 de septiembre de 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia –Asocaña–. Entre 1978 y 2004, la agroindustria azucarera colombiana incrementó su productividad de 0,64 a 1,08 toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM), y el porcentaje de azúcar recuperado por cada tonelada de caña molida pasó de 10,58% a 11,8%.

Estos aumentos se atribuyen a la creación y adopción de tecnologías que respondieran a las condiciones locales, y a las mejoras que realizaron los ingenios y los cañicultores con respecto al manejo de sus unidades productivas.

### ***Variedades de caña de azúcar***

Al finalizar 2004, el 92% del área dedicada a la producción de azúcar en el Valle del Cauca había sido sembrada con variedades Cenicaña Colombia (CC) y con variedades importadas y evaluadas por el Centro (VIC). Las variedades CC participaron en el 73% del área que se cosechó en el 2004 y mostraron una producción adicional de 1,2 toneladas de azúcar por hectárea, en comparación con las otras variedades que se cosecharon en ese período.

En diciembre de 2004, la variedad CC 85-92 era la más sembrada de todas: se había sembrado en 109.859 hectáreas, lo que equivalía al 56% del área total cultivada por la industria. La cosecha de esta variedad durante 2002 representó, para el sector, 11,4 toneladas de caña adicionales por hectárea, y 0,3 unidades porcentuales más de rendimiento en azúcar que el resto de las variedades cosechadas ese año.

### ***Biotecnología***

Cenicaña incorpora progresivamente los avances de la biotecnología aplicada al cultivo de la caña de azúcar, para la caracterización y el mejoramiento genéticos de las variedades y para detectar patrones de variabilidad genética de patógenos e insectos de importancia económica. En octubre de 2003, en el invernadero de bioseguridad de la Estación Experimental se mantenían en observación plantas de la variedad CC 84-75 que habían sido transformadas al introducir en su ADN un gen de resistencia al virus de la hoja amarilla.

La tercera aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca y la caracterización del perfil tecnológico de los ingenios y los cañicultores sirven como información básica para aumentar la eficiencia de la investigación y orientar la transferencia de tecnologías hacia la consecución de una agricultura sostenible y competitiva en cada sitio de cultivo.

## *Eficiencia en el uso del agua*

Las investigaciones relacionadas con los requerimientos hídricos de la caña de azúcar y con el uso racional del agua han contribuido a reducir, hasta en 50%, el número de riegos por ciclo de cultivo, lo que representa una disminución en el consumo del agua y en los costos de producción de la caña.

## *Tecnologías limpias*

La selección de variedades resistentes a la mayoría de las enfermedades que limitan la producción, junto con el desarrollo de sistemas de manejo integrado de plagas y enfermedades, hace que la aplicación de productos químicos al cultivo sea mínima.

El conocimiento que se tiene acerca de la nutrición y la fertilización de la caña de azúcar en los suelos del Valle del Cauca se utiliza para ajustar las recomendaciones de los elementos químicos que se aplican al cultivo. La experimentación con nuevas variedades en diferentes suelos contribuye a identificar las épocas y las dosis más adecuadas en cada sitio y esto, a su vez, conduce a un uso más racional de los fertilizantes.

Para conservar y mejorar las propiedades naturales de los suelos se aplican subproductos del proceso, como la cachaza y las cenizas, se incorporan los residuos de la cosecha y se controlan los efectos de la mecanización y de las aguas de drenaje.

Los avances en la producción de caña cosechada en verde incluyen la selección de variedades aptas y el diseño de tecnologías de manejo agronómico y de cosecha. El sector incrementa progresivamente el área con este sistema, sin perder productividad ni rentabilidad.

Para determinar el contenido de sacarosa en el proceso azucarero, se utilizan metodologías analíticas limpias que incluyen la clarificación de muestras mediante el empleo de productos sanos, no contaminantes.

## *Reducción de las pérdidas de sacarosa*

Con base en la caracterización y el control de las pérdidas de sacarosa que ocurren entre la cosecha de la caña y la cristalización del azúcar, los ingenios han reducido las pérdidas totales en un 50% en los cinco últimos años. Las acciones incluyen tanto aspectos de logística como el uso de metodologías analíticas de seguimiento y de determinación de sacarosa, como el infrarrojo cercano. También se han establecido procedimientos de control en las estaciones de clarificación, filtración y cristalización.

## *Ingeniería de procesos*

El apoyo permanente a los ingenios y el diseño de programas computarizados de evaluación de procesos han servido para incrementar la eficiencia y la capacidad de los trenes de molinos, realizar mediciones de potencia y



ajustes, y evaluar la eficiencia de las calderas y de los condensadores en las fábricas.

## ***Estandarización de mediciones***

En asocio con Cenicaña, los ingenios del sector han implementado procedimientos de medición estandarizados, gracias a lo cual se tiene un sistema de intercambio de información con índices unificados.

### **h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

En Colombia, los productos más promisorios para la producción de etanol, además de la caña de azúcar, son la caña panelera y la yuca, cuyas áreas, producción y rendimientos aparecen en la cuadro 12.

## ***Remolacha***

Con respecto a otras fuentes de materia prima para la producción de etanol, cabe destacar las pruebas que se han realizado en el país con una gama de variedades de semillas de remolacha, que pueden llegar a ofrecer rendimientos superiores a las 170 toneladas por hectárea. El porcentaje de extracción de azúcar observado puede llevar a producir alcohol en volúmenes tres veces superiores a los obtenidos en la molienda de caña.

Del lado de los procesos industriales, estos ensayos contaron con el acompañamiento de la empresa sueca Chematur Engineering, trabajo que será complementado por la empresa ABB, conocida por sus innovaciones en el campo de la energía. La primera planta se localizará en Boyacá y se realizarán inversiones del orden de los 80 millones de dólares a partir del 2007.

**Cuadro 12.**

***Materias primas para la producción de etanol. Situación 2000-2005***

Producto	Variable	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Caña Azúcar	Área (ha)	217.570	203.069	218.706	212.651	203.384	212.446
	Producción (t)	2.812.709	2.410.836	2.881.661	2.776.776	2.702.863	2.855.283
	Rendimiento (t/ha)	12.928	11.872	13.176	13.058	13.289	13.440
Caña Panela	Área (ha)	214.582	222.204	243.118	246.057	249.384	243.866
	Producción (t)	1.301.503	1.434.828	1.587.893	1.657.431	1.696.186	1.697.114
	Rendimiento (t/ha)	6.065	6.457	6.531	6.736	6.802	6.959
Yuca	Área (ha)	179.348	190.97	172.124	174.444	176.811	179.912
	Producción (t)	1.792.382	1.980.110	1.779.250	1.840.717	1.943.098	2.073.130
	Rendimiento (t/ha)	9.994	10.411	10.337	10.552	10.990	11.523

Fuente: Evaluaciones agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Pese a lo anterior, el aspecto más importante tiene que ver con el impacto socioeconómico del proyecto, por la población que tendrá que aglutinarse alrededor del complejo industrial, para cultivar los miles de hectáreas que se necesitan para obtener suficiente remolacha para llevar la producción de etanol a por lo menos 250.000 litros diarios.

El proyecto contempla la producción de alimentos concentrados y la diversificación agrícola, con base en algunos cultivos de rotación, que se dan simultáneamente con la remolacha.

### *Sorgos dulces*

Aunque el sorgo (*Sorghum bicolor*) es más conocido como cereal, tiene una variedad dulce que se utiliza sobre todo como forraje. Su intenso proceso fotosintético produce tallos frondosos de hasta cinco metros de altura, que constituyen un excelente forraje. Además, los tallos también contienen mucho azúcar, de la que puede obtenerse piloncillo, o bien, puede destilarse para producir alcohol etílico. El sorgo azucarado se ha denominado “el camello de los cultivos”, por su gran capacidad de adaptación, su gran resistencia a la sequía y a los suelos salino-alcalinos, y su tolerancia a las inundaciones.

Según la FENALCE (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas), 2006, el sorgo dulce es un cultivo promisorio, no solo por su valor económico, debido a la productividad de la biomasa (de

20 a 50 toneladas por hectárea de materia seca), y otros productos tales como grano, azúcar y liqnocelulosa; sino que también se ha convertido, en algunos países, en fuente de energía renovable, por su capacidad de producir etanol. Algunas ventajas agronómicas, industriales y ambientales que se han identificado en Colombia para este fin son:

- Periodo vegetativo de 3 a 4 meses
- Bajo rendimiento hídrico
- Tolerante a la sequía y a los suelos ácidos y salinos
- Resistencia al fotoperiodo (costa atlántica)
- Fácil mecanización y producción de semilla
- Bajos costos de producción
- Posibilidad de manejar socas
- Posibilidades de cosechar el grano
- Alta capacidad de captura de CO<sub>2</sub>
- Costos de producción por litro posiblemente más bajos que los producidos a partir de otras biomásas
- Eficiencia de fermentación superior al 90%
- Los residuos del proceso productivo tienen niveles de celulosa similares a los del bagazo de caña
- Utilización de residuos sólidos en alimentación animal o en producción de papel
- Reducción de un 25% en los niveles de polución emitidos por la industria del etanol, respecto a la industria del etanol a partir de melazas
- Produce menos vinaza



## Yuca

En el 2006, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia aprobó un proyecto para producir alcohol carburante a partir de yuca. De acuerdo con los promotores del proyecto (Clayuca) y sobre la base de estimados sobre la viabilidad del cultivo de la yuca para producir alcohol carburante, se obtendrían aproximadamente 30 toneladas de raíz por hectárea, lo que permitiría producir 5.000 litros de etanol. Si se cumple con los estándares de producción —buen manejo del cultivo, buena selección de variedades y climas adecuados— se pueden obtener rendimientos de 140 a 170 litros de etanol por tonelada métrica de raíces frescas de yuca. Sobre esta base se va a construir una planta de destilación con una capacidad de producción de 800 litros de alcohol anhidro por día.

El proyecto tendrá un valor estimado total de US\$ 200.000, y, entre otros, se busca consolidar el cultivo de la yuca en el país como un producto agrícola eficiente, competitivo y sostenible, y que puede mejorar el ingreso y la calidad de vida de los agricultores. Los proyectos agroindustriales que se extienden por los departamentos de Sucre, Guajira, Córdoba, Cesar, Atlántico y Meta se perfilan como buenas estrategias para incrementar la producción y el consumo de etanol en el país.

## Caña panelera

Uno de los proyectos más importantes tiene lugar en la Hoya del Río Suárez, en donde se adelantaron investigaciones acerca de su viabilidad, al examinar, entre otros, el efecto que tendrá la instalación de plantas de producción de etanol en la situación social y económica de la región (calidad de vida, desarrollo, seguridad, medio ambiente). La capacidad de producción esperada para estas plantas es, como se señaló anteriormente, entre 150.000 y 300.000 litros por día, para lo que se necesitan aproximadamente 30.000 hectáreas de cultivo de caña.

CORPODIB (Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y la Producción Limpia) es uno de los complejos agroindustriales que se encuentra en proceso de producción en esta zona del país. El proyecto planea construir una planta de producción de etanol que emplee tecnología brasilera para destilar alcoholes y se espera que su producción ronde los 300.000 litros/día. Como materia prima se usará la caña panelera, para lo que es necesario plantar 15.000 hectáreas de caña. Para este proyecto, se requiere una inversión aproximada de 45 millones de dólares.

### i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina

En el país existe un amplio marco normativo para regular el uso, la

producción y la distribución de biocombustibles, que incluye leyes, decretos y resoluciones, entre las que se encuentran las siguientes normas:

**Ley 693 de 2001** (19 de septiembre): mediante esta ley se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo. Esta Ley establece que las gasolinas que se utilicen en el país en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes tendrán que contener componentes oxigenados, como los alcoholes carburantes. Define un plazo de 5 años para implementar de manera progresiva la norma, la cual deberá iniciar por los centros de mayor densidad poblacional y de mayor contaminación atmosférica.

**Resolución 0447 de 2003** (14 de abril): del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos que se utilizan en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en los motores de combustión interna. Para estos últimos, establece los requisitos técnicos y ambientales de los alcoholes carburantes y de los combustibles oxigenados que se deberán distribuir a partir de 2005. Según esta Resolución, la proporción de agua en el alcohol anhidro no debe superar el 0,4%.

**Resolución 18 0687 de 2003** (17 de junio): del Ministerio de Minas y Energía. Mediante esta resolución se expide la regulación técnica

prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados. Además establece que el porcentaje de etanol a utilizar en la mezcla con gasolina básica será del 10%.

**Ley 863 de 2003** (29 de diciembre): Ley por la cual se establecen normas tributarias, aduaneras, fiscales y de control para estimular el crecimiento económico y el saneamiento de las finanzas públicas. El artículo 11 exonera de impuestos el alcohol carburante, con destino a la mezcla con gasolina para los vehículos automotores.

#### **j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El grado de interés del Gobierno en promover el tema de la producción de biocombustibles en el país se manifiesta en las estrategias que sobre esta materia ha planteado el Ministerio de Agricultura y que se resumen a continuación:

#### ***Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural:***

Para lograr la seguridad energética, y ante la posibilidad de que el país deje de ser autosostenible en materia de hidrocarburos, los biocombustibles constituyen una alternativa en la que Colombia tiene ventajas comparativas. Considerando los





beneficios ambientales, económicos y sociales, la búsqueda de combustibles que sustituyan a los derivados del petróleo es una clara prioridad para el país.

Además de las ventajas ambientales y de seguridad en el suministro de combustibles ya comentadas, los biocombustibles representan una nueva actividad para la agricultura: permiten utilizar tierras que no se están aprovechando en la producción de alimentos y favorecen la ocupación de la población rural.

Para aprovechar la ventaja que representan los biocombustibles en el sector agrícola y, desde una perspectiva energética, deben sembrarse cultivos más productivos y con menores costos de producción. Así mismo, debe tenerse en cuenta que son los materiales lignocelulósicos los que tienen mayor potencial para la producción de bioetanol. Una gran parte de los materiales con alto contenido de celulosa, susceptibles de ser utilizados para estos fines, se generan como residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola y forestal, y muchos de esos residuos no sólo carecen de valor económico en el contexto en que se generan, sino que suelen provocar problemas ambientales durante su eliminación.

Para que los biocombustibles de origen agrícola sean un alternativa energética real, es necesario que estos productos, no solo presenten características equivalentes a los de procedencia fósil, sino también que, en el conjunto de los procesos de obtención, se consigan balances energéticos positivos y

que lleguen al mercado a un costo similar al de los productos derivados del petróleo a los que sustituyen. El principal inconveniente con el que se enfrenta la comercialización de estos combustibles en el sector transporte es el alto costo de producción.

Para fomentar el sector de los biocombustibles deben tomarse una serie de acciones en diferentes ámbitos:

- **Información:** Es indispensable diseñar estrategias informativas, tanto a nivel de los consumidores, como de los comercializadores y otros sectores. Estas campañas deben incluir temas como los beneficios ambientales, económicos y sociales de los biocombustibles, la reglamentación sobre su uso, las normas de calidad existentes etc.

- **Mejoramiento de los procesos productivos y organizacionales:** La posibilidad de mejorar los procesos de producción y de reducir los costos de producción de los biocombustibles existe realmente en la medida en que se mejore la productividad para obtener materias primas; por lo tanto, es indispensable realizar investigación en tecnología de producción de cultivos, fuente de la materia prima para los biocombustibles, y fomentar la transferencia de tecnología a los productores. De igual manera, se debe poner énfasis en los procesos de organización de los productores, para garantizar la producción sostenida y el suministro estable de materia prima para los biocombustibles.



■ **Investigación y desarrollo tecnológico:** Teniendo en cuenta la situación geográfica del país resulta fundamental investigar otros cultivos que podrían convertirse en materia prima para los biocombustibles, estudiar el desempeño del biodiésel en las diferentes zonas climáticas del país y las emisiones del biodiésel de palma en clima frío. Además, es necesario realizar más avances tecnológicos en el proceso de producción de alcohol carburante, particularmente en las etapas de pre-tratamiento e hidrólisis enzimática de la celulosa y en el uso final de la lignina, entre otros.

■ **Comercialización:** Es indispensable llevar a cabo estudios de mercado exhaustivos, tanto a nivel nacional como internacional, sobre diferentes fuentes de materia prima y diferentes tipos de biocombustible.

■ **Medidas económicas:** En la actualidad, la producción de biocombustibles se realiza a partir de cultivos tradicionales, como la caña de azúcar, los cereales, la remolacha, la colza, el girasol, etc., los cuales han sido seleccionados y mejorados para la producción alimentaria (no en función de materia prima para biocombustibles), y su precio se determina en ese mercado. Lo anterior hace que los biocombustibles no sean competitivos y que se requiera liberarlos de impuestos para que cuando lleguen al mercado puedan competir con los productos de origen fósil.

■ **Normatividad:** Para asegurar el fomento real de la producción de biocombustibles es necesario contar con un marco normativo estable en materia económica, que garantice la seguridad de las inversiones privadas. Al mismo tiempo, es necesario tener claridad sobre los factores externos que requieran de la intervención del Estado, para garantizar que los beneficios de la estrategia de biocombustibles se transmitan directamente al sector productivo, como la propiedad y la titulación de las tierras.

### *Apuesta Exportadora Agropecuaria 2006 2020:*

La formulación de la Apuesta Exportadora surgió del trabajo realizado por el Departamento Nacional de Planeación en la *Visión Colombia. Segundo Centenario: 2019, Aprovechar las potencialidades del campo*. Esta propuesta de visión seleccionó los productos exportables del sector agropecuario, de acuerdo con las oportunidades de mercado de cada producto, sus indicadores de competitividad y los requisitos para lograr su admisibilidad en los mercados internacionales. Con esta información como base y con la concertación que se llevó a cabo con los gremios, se señalaron 10 grupos de productos que tenían gran potencial para la exportación. Dentro de ellos están:

**Los biocombustibles:** el etanol, a partir de la caña de azúcar, la caña panelera y la yuca, y el biodiésel, a partir de la palma de aceite.



**Cultivos de rendimiento tardío:** palma de aceite, cacao, caucho, macadamia y marañón.

Respecto de la producción de alcohol carburante, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y los gremios representativos del sector se plantearon como metas para el año 2020, y en función de las metas planteadas por la Visión 2019, aumentar el área de cultivo de caña de azúcar, caña panelera y yuca, para producir alcohol carburante, y, por ende, para aumentar la producción de alcohol.

En este sentido, se identificaron las zonas con mayor potencial para el establecimiento de cultivos como la caña de azúcar, la caña panelera y la yuca. Además, se estimó la meta, al año 2020, del número de hectáreas que se dedicarían a esos cultivos para la producción de biocombustibles.

La siembra de cultivos para la producción de alcohol carburante, según Asocaña y Fedebiocombustibles, se debe concentrar en los siguientes departamentos (mapa 1):

#### **CAÑA DE AZÚCAR**

1. Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Risaralda

#### **CAÑA PANELA**

1. Antioquia
2. Santander, Boyacá
3. Quindío, Tolima
4. Meta

#### **YUCA**

1. Bolívar, Córdoba, Sucre
2. Meta

### **Agenda interna de energía**

La Agenda Interna es un acuerdo de voluntades y decisiones, entre el Gobierno, las entidades territoriales, el sector privado, los actores políticos y la sociedad civil, sobre el conjunto de acciones estratégicas que el país debe realizar en el corto, mediano y largo plazo, para mejorar la productividad y la competitividad de su aparato productivo. Esta agenda trabaja en tres dimensiones; regional, sectorial y transversal<sup>14</sup>.

La Agenda Interna fija estrategias y define acciones para mejorar la competitividad de los diferentes sectores económicos y regiones, para que el país se prepare para aprovechar al máximo los resultados de los diferentes tratados de integración que se han firmado o que se estudian actualmente, y, al mismo tiempo, para tener una base sobre las necesidades de reconversión que puedan requerir algunos sectores productivos para ser competitivos dentro de un nuevo marco comercial.

La Agenda Interna que tiene relación con la temática de biocombustibles es la del sector energía, que incluye los subsectores de hidrocarburos, combustibles líquidos, energía eléctrica, gas combustible y carbón. En esta agenda sectorial se definen

<sup>14</sup> Fuente: [www.dnp.gov.co](http://www.dnp.gov.co) Octubre de 2006.

cinco estrategias, de las cuales la segunda es la única que tiene relación con la temática en estudio: contar con esquemas que mantengan y promuevan la inversión, la oferta y la demanda de energéticos y de servicios que propendan por la competitividad. Aquí se plantean dos acciones relacionadas con los biocombustibles en función a dos necesidades básicas (ver cuadro 13).

Las disposiciones de calidad en materia de las especificaciones técnicas del alcohol carburante están reglamentadas por las resoluciones 447 del 14 de abril de 2003 y 1565 del 27 de diciembre de 2004 de los Ministerios de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y del Ministerio de Minas y Energía. La última resolución modifica parcialmente a la anterior.

**Cuadro 13.**

*Acciones de la Agenda Interna, Sector Energía, relacionadas con los biocombustibles*

<b>Estrategia 2:</b> Contar con esquemas que mantengan y promuevan la inversión, la oferta y la demanda de energéticos y servicios que propendan por la competitividad (ton de azúcar)	
<b>Requerimientos y necesidad</b>	<b>Acción</b>
a) Tener un marco normativo y regulador sectorial ágil, previsible, de largo plazo que promueva la eficiencia.	1) Garantizar un control efectivo al comercio ilegal de combustibles, biocombustibles y marcadores y a los agentes de la cadena.  2) Promover el desarrollo del mercado de los biocombustibles y de otros combustibles alternativos en el marco de una política energética integral.
b) Contar con reservas probadas de hidrocarburos y de otros energéticos para garantizar la atención de la demanda en el largo plazo, dentro del principio de racionalidad económica.	
c) Política sectorial de largo plazo MADR	
d) Prospectiva del sector	
e) Disposiciones del Minminas en cuanto a las mezclas y especificaciones técnicas	



## Sector privado

### ■ FENALCE

La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE) es una entidad gremial del sector agropecuario, de derecho privado y sin ánimo de lucro. Es la máxima representante de los cultivadores de cereales y leguminosas de grano en el país. La FENALCE, con el apoyo del Fondo Nacional Cerealista, ha contado con la colaboración del Dr. Bellum VS Reddy, quien actualmente trabaja para el Instituto Nacional para la Investigación de Cultivos del Trópico Semi-Árido (ICRISAT), para realizar estudios de fitomejoramiento. La Federación, convencida de que el cultivo del sorgo puede ser una realidad firmó un convenio de suministro de germoplasma y de asesoría técnica por parte del ICRISAT, para comenzar a realizar evaluaciones agronómicas de híbridos y variedades de sorgo dulces desarrolladas básicamente para las regiones de India, Filipinas y África.

### ■ MAQUILAGRO

Maquilagro tiene a su cargo un proyecto sumamente innovador. Después de una amplia investigación, esta empresa llegó a la conclusión de que lo más conveniente era producir alcohol carburante a partir de la remolacha azucarera tropical, y desde el año 2001 lleva a cabo siembras de prueba en Boyacá y en la costa. Logrando Logró reunir a un grupo de inversionistas colombianos en la Holding Maquiltec S.A.,

cuya meta es construir seis plantas productoras de alcohol carburante a base de remolacha; las plantas tendrán un costo individual es de US\$40 millones.

La primera planta iniciará operaciones en Boyacá y la meta es empezar a construir una planta cada seis meses (se piensa construir dos más en Cundinamarca y otras tres en César, Guajira y Magdalena). Cada procesadora requerirá 4.000 hectáreas de remolacha y 2.000 hectáreas adicionales para cultivos de rotación. En total, se producirán 1,8 millones de litros diarios de etanol y se generarán 108.000 empleos, directos e indirectos.

### ■ CLAYUCA

En el proyecto de la firma CLAYUCA, que cuenta con la participación de la Diligent Energy Systems de Holanda, el Grupo Petrotesting de Colombia, el CIAT y el Parque Científico Aeronauta, se planea montar una refinadora piloto, que permitirá darle un seguimiento minucioso a los “clones élite” de la yuca que se hallan en diferentes regiones del país, con el fin de determinar su eficiencia como materia prima para la producción de etanol. Dentro de los objetivos del proyecto también se encuentra evaluar la eficiencia técnica y económica del uso del bioetanol en un vehículo apto para funcionar con tres opciones de combustibles (gasolina mezclada con 85% de etanol deshidratado, etanol hidratado y gasolina), conocido como el “flexible fuel vehicle”, que se encuentra disponible en el mercado.

## ■ PROYECTOS EN ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Además de las plantas que ya se encuentran en funcionamiento, otras iniciativas para obtener alcohol a partir de caña de azúcar, yuca y remolacha se encuentran en proceso de implementación. Tales proyectos se sitúan en los departamentos de Santander, Boyacá, Meta, Córdoba, Cesar, Sucre y Bolívar (cuadro 14).

La viabilidad de esos proyectos se ha atribuido a su proximidad a las principales áreas urbanas del país, a las que suplirá de biocombustible, y a la tradición azucarera de las zonas en donde se hallan ubicados (Valle del Cauca, La Hoya del Río Suárez en Santander y Boyacá, Valledupar, los Llanos Orientales y el Departamento del Huila, entre otros). En cada proyecto se busca que cada refinería produzca, en promedio, entre 150.000 y 300.000 litros por día.

**Cuadro 14.**

### *Inversión y capacidad de producción de plantas en proceso de implementación*

Región	Inversionistas	Inversión (millones US \$)	Capacidad	Fecha esperada	Producto
Santander-Boyacá	Mieles S.A.		100.000 l/día		Caña
Santander-Boyacá	Alcol S.A.	30	150.000 l/día	I Semestre 2008	Caña
Meta	Petrotesting S.A.	8	20.000 l/día	Diciembre de 2006	Yuca
Quindío	Gobernación		150.000 l/día		Caña
Boyacá	Maquilagro/ Inverlink	45	300.000 l/día	I Semestre 2008	Remolacha
Sucre, Córdoba y Bolívar	Ethanol Consortium Board ECB S.A.	250	900.000 l/día	I y IISemestre de 2008	
Boyacá y la Costa	Maquiltec S.A.	240	1.800.000 l/día		Remolacha
Cesar	Sicarare		100.000	I Semestre 2008	Yuca

Fuente: Ministerio de Minas y Energía, Fedebiocombustibles, Revista Dinero y Portafolio

La firma Ethanol Consortium Board (ECB S.A.) lidera un proyecto para construir tres plantas en la costa caribe, en Sucre, Bolívar y Córdoba, las cuales tendrán la capacidad de producir

300.000 litros diarios de etanol cada una, de los cuales 750.000<sup>15</sup> tendrán como destino el mercado externo y los 150.000 restantes, destino local. Según se señala en el artículo *La fiebre*

<sup>15</sup> Este producto ya le fue vendido a la firma sueca Svensk Etanol Kemi AB, Sekab, una de las comercializadoras de etanol más grandes de Europa. La entrega se hará durante los próximos 10 años. Gracias a esta promesa de compra se logró que la banca de inversión Deutsche Bank financiara la operación. Fuente: Revista Dinero Edición 257.



del etanol (Revista *Dinero*, edición 257), la empresa considera que en octubre de 2008 se estarán entregando los primeros 300.000 litros diarios y que en abril de 2009 se llegará a una producción de 600.000 litros diarios. Se calcula que en octubre de ese mismo año se producirán los 750.000 litros diarios para el mercado externo y los 150.000 para el mercado local.

La firma Ethanol Consortium Board (ECB S.A.) está conformada por una unión de socios internacionales y nacionales. Entre ellos están la Sekab; la Unisystem de Brasil, experta en la tecnología de extracción de jugo de caña; una firma española de alta tecnología que fabrica plantas procesadoras de etanol; una firma filipina experta en el manejo de grandes cultivos de caña de azúcar, y una firma escocesa con experiencia en la operación y mantenimiento de plantas industriales. Por Colombia participan el Grupo de Inversionistas de Colombia, que lidera Juan Manuel Giraldo, y la firma Ingeniería Zar, entre otros.

En el año 2000 el ingeniero Luis Ricardo Roa creó la empresa Alcoholes de Colombia (Alcohol S.A.), pionera

en encaminar proyectos de producción de alcohol carburante en la Hoya del Río Suárez<sup>16</sup>. La planta, ubicada en el municipio de Guepsa, Santander, tiene una capacidad de producción de 150.000 litros diarios y se pretende ampliarla a otros 150.000. Para obtener la materia prima, la planta necesita entre 4.000 y 8.000 hectáreas de caña panelera, de las 45.000 que existen en los alrededores.

El ingeniero Roa vendió este proyecto a inversionistas nacionales y ahora, con banca de inversión propia, está trabajando en un proyecto similar en Puerto López. También estudia la posibilidad de instaurar otros proyectos en Tolima y el Norte de Santander, utilizando, en todos, la caña de azúcar como materia prima.

En el caso de la yuca<sup>17</sup>, el grupo Petrotesting de Colombia, que impulsa la explotación petrolera en Putumayo, ya tiene asegurado su plan de desarrollo financiero en este negocio y está construyendo una planta en el municipio de Puerto López, con capacidad para producir 20.000 litros diarios de alcohol carburante, usando como materia prima 2.000 hectáreas de yuca.

<sup>16</sup> El presidente Álvaro Uribe asistió a la colocación de la primera piedra, el año pasado. Uribe dijo entonces: "Nadie discute la viabilidad, la factibilidad de los proyectos de alcohol carburante en la zona plana del Cauca, en el Valle del Cauca y en el ingenio de Risaralda. Pero necesitamos ejemplos que le demuestren al país que zonas con esta topografía de pequeño punto de caña, también son viables. El éxito de este proyecto lo necesitamos, no solo para la Hoya del Río Suárez sino para que les dé ejemplo a otras regiones de Colombia, a la ladera cundinamarquesa, a Vegachí en Antioquia, para no citar sino esos dos sitios". Fuente: Revista *Dinero* Edición 257. Artículo La fiebre del etanol.

<sup>17</sup> La investigación, hecha con 25 variedades de yuca y en cuya primera etapa se invirtió más de un millón de dólares, indica que hay 5 variedades de las que puede obtenerse etanol y que cada hectárea de tierra puede producir entre 25 y 30 toneladas. Por cada tonelada de yuca pueden extraerse entre 180 y 200 litros de etanol, lo que representa una ventaja frente a la caña, de la que, según Kanayet (Presidente de Petrotesting de Colombia), sólo se obtienen entre 70 y 80 litros por hectárea. Fuente: [www.fedebiocombustibles.com](http://www.fedebiocombustibles.com) Octubre de 2006.

### k) Consumo anual de gasolina

Se estima que, para el año 2006, el consumo diario de gasolina en Colombia será de 76.570 barriles (cuadro 15).

**Cuadro 15.**

*Consumo anual de combustible 2000-2006*

Año	Consumo anual de gasolina BPDC*
2000	102.725
2001	92.248
2002	90.459
2003	88.612
2004	84.367
2005	82.618
2006	76.570

\*Barriles por día calendario

Fuente: UPME, según información suministrada por ECOPEPETROL

### BIBLIOGRAFÍA

ASOCAÑA: [www.asocana.org](http://www.asocana.org)

CENICAÑA: [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)

Fondo Nacional Cerealista, FENALCE. Coyuntura Cerealista. No. 9 noviembre-diciembre 2006.







## 3.8 COSTA RICA

El consumo de hidrocarburos en el 2005 en Costa Rica alcanzó los 16,6 millones de barriles y se considera que en el año 2019, de seguir la tendencia actual, llegaría a 20 millones. Para el año 2006, se estima una factura petrolera de \$1.300 millones.

Esta situación ha obligado al Gobierno a implementar durante los últimos años un plan de contingencia, dirigido especialmente a reducir el consumo de gasolina. Con ese fin, se ha restringido la circulación vehicular y se han adelantado iniciativas legales, propuestas de programas y proyectos piloto para impulsar la producción nacional de biocombustibles, en un intento de sustituir, al menos parcialmente, la importación de petróleo

El Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 incluye entre sus objetivos la promoción de proyectos piloto en el uso de combustibles alternos para reducir la dependencia externa; así mismo, el sector agropecuario plantea, en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, potenciar, en el sector agropecuario, los beneficios económicos y ambientales de la gestión de biocombustibles y de las energías renovables, mediante el aprovechamiento sostenible de las competencias y recursos del agro costarricense.

En el año 2003 se creó por Decreto Ejecutivo la “Comisión Técnica de Trabajo MAG-MINAE-RECOPE-LAICA” o Comisión de Alcohol Carburante-Etanol.

En el 2004 se creó también, por medio de un Decreto Ejecutivo, la “Comisión

Técnica de Trabajo del Estudio del Biodiésel, para impulsar estrategias para la obtención de biodiésel a partir de materias primas nacionales.

Con la intención de unificar esfuerzos, en el 2006 se derogaron ambas comisiones, mediante un Decreto Ejecutivo, y se sustituyeron con la “Comisión Nacional de Biocombustibles”. Esa Comisión tiene por objetivo proponer las reformas legales necesarias para implementar la producción y el uso de biocombustibles, así como elaborar un plan nacional con estrategias de corto, mediano y largo plazo en el tema.

En diciembre de 2005 la “Comisión Técnica de Trabajo del Estudio del Biodiésel” entregó su primer informe de investigación con las siguientes recomendaciones:

- establecer nuevas plantaciones de palma aceitera para atender un potencial incremento en su demanda,
- incluir en la agenda del MAG (Agro21) el fomento de cultivos para la producción de biodiésel;
- determinar la viabilidad económica, social y ambiental de un programa para la producción de biodiésel;
- fomentar el uso de residuos de biomasa para la producción de biocombustible;
- verificar las especificaciones técnicas sugeridas por la Comisión.



- producción de etanol y su mezcla con gasolina hasta en un 10%, y de biodiésel con diésel en la misma proporción.

De manera complementaria, la Comisión diseñó un plan de largo, mediano y corto plazo para contribuir a la modernización y fortalecimiento de los biocombustibles.

Entre las acciones en marcha, desde febrero del 2006 se viene implementando un proyecto piloto para distribuir etanol en la región Pacífico Central y Guanacaste (terminal de distribución Barranca, 12% de las ventas nacionales); 64 gasolineras distribuyen una mezcla de etanol con gasolina de entre 5% y 8%, con la intención de evaluar la logística y el manejo de gasolina con etanol, desde las instalaciones de RECOPE hasta los puntos de venta. Se pretende difundir esta experiencia al resto del país. Actualmente la producción de etanol se concentra en las plantas destiladoras de los Ingenios Taboga y CATSA, y la planta de deshidratación y rectificación de LAICA. Se prevé iniciar la distribución de gasolina con etanol entre el 2008 y el 2009, y se estima que la demanda de etanol se incrementará de 88 millones de litros en el 2006 a 153 millones en el 2018.

En cuanto al biodiésel, algunas empresas privadas implementan un plan piloto en 133 autobuses de San José, para lo cual utilizan una mezcla de 30% de biodiésel y 70% de diésel, con la expectativa de sustituir totalmente el diésel en el corto plazo. Otras empresas han introducido maquinaria dirigida a

la pequeña y mediana empresa para producir su propio biodiésel a partir de cualquier aceite de oleaginosas. Además, el Instituto Costarricense de Energía realiza pruebas para la producción de energía eléctrica en sus plantas térmicas.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

Se estima que el área sembrada con caña de azúcar cubre actualmente unas 52.000 hectáreas, de las que se cosechan unas 48.000 hectáreas (92.3%) al año.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Se estima en 45.000 hectáreas, de las cuales 20.000 hectáreas tienen condiciones favorables y posibilidad de ser mecanizadas (labores agrícolas y cosecha); otras 15.000 hectáreas muestran algunas limitantes relevantes, aunque algunas superables (topografía, agua, suelos, mecanización de cosecha, disponibilidad de mano de obra, infraestructura vial, distancia a centros de procesamiento, etc.) y con el tiempo podrían adicionarse otras 10.000 hectáreas con mayores limitantes (topografía, agua, por exceso o ausencia, fertilidad de suelos, textura, mecanización, infraestructura, etc.) en las que el manejo sería muy tradicional, en razón de esas limitaciones. Queda claro que lo anterior se refiere exclusivamente a plantaciones destinadas a la producción de etanol y no necesariamente a azúcar y,

que tampoco hay establecido un condicionamiento de rentabilidad y eficacia agroindustrial en torno a dichas áreas; esto por cuanto ese potencial implica incorporar localidades nuevas no tradicionales de las regiones norte, atlántica, central y sur del país.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

Para la zafra 2005-2006 se estimó en 75,3 toneladas por hectárea

#### **d) Mecanización e irrigación**

La factibilidad de incorporar áreas nuevas y áreas tradicionales de cultivo con potencial “mecanizable” a la producción de caña, tanto para obtener azúcar como alcohol, es alta. Obviamente esto requiere disponer de las condiciones complementarias necesarias: crédito, infraestructura vial y operativa, etc.

Nuestros estimados indican que en el país hay unas 20.850 hectáreas de caña de azúcar que reciben riego, lo que representa un 40,1% del total sembrado en el país. Con respecto al área potencialmente regable (Pacífico Seco y Valle Central) se estima que se cubre cerca de un 64,5% de esta.

El régimen de distribución de lluvias varía mucho de año a año y se ha observado que oscila entre los 1.300 y los 4.200mm en las seis regiones productoras del país. En términos generales, puede asegurarse, sin temor a equivocarse, que este régimen es muy cambiante y desequilibrante,

con presencia de períodos secos de intensidad variable en fases importantes y determinantes del desarrollo del cultivo, particularmente durante los meses de mayo-julio (lo que afecta el crecimiento), y por el contrario, con problemas de inundaciones en la Región de Puntarenas y Guanacaste (Pacífico Seco) en los meses de setiembre-noviembre (lo que afecta la maduración). En los últimos años, este comportamiento se ha trasladado a otras regiones, sobre todo a Turrialba y a la Zona Sur y ha tenido efectos importantes en la Zona Norte (San Carlos, Los Chiles). Conviene señalar que la cantidad de lluvia no ha variado tanto, pero sí su distribución en el año, donde los cambios son evidentes. Puede aseverarse que hay una relación directa y determinante entre productividad y rendimientos agroindustriales y distribución de lluvias, todo lo cual afecta de manera negativa la rentabilidad final de la actividad.

#### **e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

Para la misma cosecha (2005-2006) la producción se estimó en 382.824.4 toneladas de azúcar, lo que se generó un rendimiento estimado de 8,0 toneladas de azúcar por hectárea.

También en dicha zafra se procesaron 3.615.582 toneladas de caña de azúcar. El etanol nacional se genera básicamente a partir de melaza (miel final), por lo que no cabe una relación directa de factores. Se estima una eficiencia entre 5-6 mil litros de etanol por hectárea.



**f) Capacidad industrial instalada**

Actualmente se cuenta con 15 unidades de proceso activas (ingenios). La capacidad de molienda total se estima en 43.300 toneladas por día.

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

Como entes específicos dedicados al estudio para el mejoramiento de los procesos de producción de la agroindustria azucarera nacional se puede señalar como organización líder a la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), la cual realiza actividades y acciones directas por medio de sus unidades especializadas: la Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), la Unidad Portuaria de Punta Morales y el Departamento Técnico. También mantienen un desempeño importante los departamentos agrícolas e industriales de los ingenios nacionales, particularmente los que producen alcohol: TABOGA y CATSA. Su desempeño es relativamente bueno, aunque limitado en el sentido de que no existen programas específicos de investigación e innovación que se dediquen exclusivamente a esos tópicos, pues el país no cuenta aún con iniciativas para el uso interno de etanol mezclado con hidrocarburos. Existen iniciativas que se desarrollan en las universidades públicas. La capacidad del sector azucarero es considerable en razón de larga trayectoria con que cuenta el país en materia de producción y exportación de alcohol (etanol).

**h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

Actualmente hay una producción importante de cultivos con gran potencial, y sobre los que se ha adquirido considerable experiencia agrícola; por ejemplo, yuca, maíz, raíces, tubérculos y materias lignocelulósicas, entre otras. No se dispone de información específica al respecto.

**i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

Dentro de sus principales actividades, la comisión creada por el Decreto Ejecutivo No. 31087-MAG-MINAE promovió la realización de un proyecto piloto, mediante el cual se pudo comprobar que, efectivamente, la adición del etanol anhidro a la gasolina, en un porcentaje del 10%, denominado combustible E10, no produce efectos negativos ni en los motores de los vehículos ni en el ambiente.

**j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

En los últimos años, el Gobierno se ha visto obligado a implementar un plan de contingencia dirigido especialmente a reducir el consumo de gasolina. Para ello, y en un intento por sustituir al menos parcialmente la importación de petróleo, ha restringido la circulación vehicular y ha impulsado iniciativas legales, propuestas de programas y proyectos piloto que promuevan la producción nacional de biocombustibles.

El Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 incluye, entre sus objetivos, la promoción de proyectos piloto en el uso de combustibles alternos para reducir la dependencia externa; y el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 plantea potenciar, en el sector agropecuario, los beneficios económicos y ambientales de la gestión de biocombustibles y energías renovables, mediante el aprovechamiento sostenible de las capacidades y recursos del agro costarricense.

En el año 2003 se creó, por Decreto Ejecutivo, la “Comisión técnica de trabajo MAG-MINAE-RECOPE-LAICA” o Comisión de Alcohol Carburante - Etanol.

En el 2004, también vía Decreto Ejecutivo, se creó la “Comisión técnica de trabajo de estudio del biodiésel, para impulsar estrategias para el desarrollo del biodiésel producido con materias primas nacionales.

Con la intención de unificar esfuerzos, en el 2006 se derogaron ambas comisiones, por Decreto Ejecutivo, y se sustituyeron con la “Comisión Nacional de Biocombustibles”. Esa Comisión tiene por objetivo proponer las reformas legales necesarias para implementar la producción y el uso de biocombustibles, así como elaborar un plan nacional con estrategias de corto, mediano y largo plazo en el tema.

Entre las acciones en marcha, desde febrero del 2006 se viene implementando un proyecto piloto para la distribución de etanol en la región Pacífico Central y Guanacaste (Terminal de distribución Barranca, 12% de las ventas nacionales), 64 gasolineras distribuyen una mezcla de etanol con gasolina de entre 5% y 8%, con la intención de evaluar la logística y el manejo de la gasolina mezclada con etanol, desde las instalaciones de RECOPE hasta los puntos de venta. Se pretende difundir esta experiencia al resto del país. Actualmente la producción de etanol se concentra en las plantas destiladoras de los Ingenios Taboga y CATSA, y en la planta de deshidratación y rectificación de LAICA. Se prevé iniciar la distribución de gasolina con etanol entre el 2008 y el 2009, y se estima que la demanda de etanol se incrementará de 88 millones de litros en el 2006 a 153 millones en el 2018.

En cuanto al biodiésel, algunas empresas privadas implementan un plan piloto en 133 autobuses de San José; para ello, mezclan un 30% de biodiésel con un 70% de diésel, con la esperanza de poder sustituir totalmente el diésel en el corto plazo. Otras empresas han introducido maquinaria dirigida a la pequeña y la mediana empresa, para producir su propio biodiésel a partir de cualquier aceite de oleaginosas. Además, el ICE realiza pruebas para la producción de energía eléctrica en sus plantas térmicas.





### k) Consumo anual de gasolina

El consumo de hidrocarburos en el 2005 alcanzó los 16,6 millones de barriles, y se estima que en el año 2019, de seguir la tendencia actual, se llegará a los 20 millones. Se estima una factura petrolera de \$1.300 millones en el año 2006.

### BIBLIOGRAFÍA

---

- Argenpress Info. Lanza un proyecto de biocombustibles. Buenos Aires, 18 de diciembre 2006.
- Ching-Wo Cruz, Allan. Oportunidades y barreras para el desarrollo de las energías renovables en Costa Rica. Dirección Sectorial de Energía. MINAE. 2001.
- Comisión Nacional de Biodiésel. Primer informe técnico de la Comisión de Biodiésel, Perspectivas de la producción y uso del diésel. Diciembre de 2005.
- Comisión Nacional de Etanol. Perspectivas del uso de etanol anhidro. 2005.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT). Experto habla sobre ventajas de biocombustibles. Boletín Ciencia y Tecnología No. 52. Noviembre de 2006
- El Financiero. Casi listo uso de alcohol en gasolina. 11 – 25 abril de 2005.
- La Gaceta. Decreto Ejecutivo 33357 MAG-MINAE. 27 de setiembre de 2006.
- La Nación. Costa Rica busca biocombustibles como alternativa. 17 de noviembre de 2006.
- La Nación. Costa Rica podría optar por utilizar biocombustibles. 1 de diciembre de 2006.
- Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). Plan piloto para la producción de etanol sigue en marcha. Informativo RECOPE No 13. Julio de 2006
- Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). En el cenit mundial del petróleo. Informativo RECOPE No. 17. Agosto de 2006.
- Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE). Efectos económicos para RECOPE de la utilización del biodiésel en el proceso del mezclado del diésel. Dirección de Planificación, Gerencia de Comercio Internacional y Desarrollo. Octubre de 2005
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Biocombustibles: ¿sustitutos del petróleo? Revista Campus. Mayo de 2005.





## 3.9 ECUADOR



El Ecuador cuenta con importantes recursos energéticos renovables y no renovables, entre los que destacan el petróleo, por ser la principal fuente de ingresos de divisas del país, y las energías solar, hidráulica y la bioenergía, por el potencial que presentan.

La demanda energética del Ecuador es suplida principalmente por hidrocarburos. Otras fuentes energéticas como la hidroenergía, la leña y los productos de caña, participan en la matriz energética en porcentajes muy inferiores (ver cuadro adjunto).

<i>Matriz energética del Ecuador</i>	
Fuente energética	Porcentaje
Petróleo	83%
Gas natural	4%
Hidroenergía	7%
Leña	3%
Productos de caña	3%

Fuente: OLADE, citada por Acción Ecológica (1)

La producción de biocombustibles en Ecuador es mínima en relación con países como Brasil. En el 2005, la superficie sembrada de caña de azúcar fue de 135.000 hectáreas, de las cuales, 75.000 estaban destinadas

a la producción de azúcar, 50.000 a la producción de panela y aguardiente y 10.000 a la producción de etanol (100.000 litros/día). La producción de palma aceitera (principal materia prima para la elaboración de biodiésel) tiene lugar en 11 de las 22 provincias del Ecuador. Al momento, se obtienen 350.000 toneladas de aceite de 207.000 hectáreas de palma, se consumen 200.000 toneladas de aceite y se exportan 150.000 toneladas e aceite excedente (1).

La existencia de una importante cantidad de tierras aptas para los cultivos energéticos es la principal fortaleza del Ecuador. Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, solo para el cultivo de caña de azúcar se dispone de 675.932 hectáreas potenciales. (7).

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

En el año 2006, el Ecuador tenía 78.000 hectáreas de caña de azúcar, con un rendimiento promedio de 78 toneladas por hectárea.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Según datos del Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca, existen 675.932 hectáreas con potencial para el cultivo de la caña de azúcar.

**c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

En el 2006, la producción total de azúcar en el Ecuador fue de 510.000 toneladas, con un rendimiento de 6,8 toneladas por hectárea.

**d) Mecanización e irrigación**

Aproximadamente el 63% área destinada al cultivo de caña para la producción de azúcar está mecanizada. Las áreas cultivadas no mecanizadas están destinadas a la producción de caña de azúcar para su transformación en panela y aguardiente. La gran mayoría de estas áreas son de topografía irregular, lo que dificulta la mecanización.

Las áreas identificadas como potencialmente cultivables son áreas aptas para la mecanización puesto que cuentan con la topografía adecuada. El dato del área que requiere irrigación no se conoce a ciencia cierta, pero se estima que cuentan con irrigación las áreas que están ubicadas en la costa y en la región andina (estas áreas producen caña para obtener luego azúcar). Esto equivale al 70% del área que requiere irrigación.

**e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

Se estima que, cuando se obtiene etanol a partir de melaza, el

rendimiento es de 20 litros por tonelada de caña o alrededor de 1.560 litros por hectárea. Cuando el etanol se obtiene directamente de la caña, el rendimiento es de 70 litros por tonelada de caña, lo que equivale a 5.460 litros por hectárea.

**f) Capacidad industrial instalada**

La capacidad instalada del sector productor de etanol bordea los 160.000 litros diarios, lo que determina una capacidad normal de 47.107.000 litros al año (en función de una tasa de eficiencia razonable y de los días efectivos trabajados en el año).

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

Las siguientes son algunas de las instituciones de investigación vinculadas a la mejora de procesos de producción de caña de azúcar y etanol.

- *Petroecuador - Instituto de investigación*-. Tiene a su cargo la realización de pruebas para poner en marcha un programa de inclusión de etanol en la gasolina.
- *Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador*. Encargado de desarrollar variedades de caña y tecnologías para su cultivo. Cuenta con el respaldo de los ingenios azucareros más grandes del país.



- *Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador.* Desarrolla nuevas variedades de caña de azúcar en sus laboratorios con la intención de ampliar las áreas sembradas de caña.
- *Escuela Politécnica Nacional.* Las facultades de Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica han hecho algunas investigaciones sobre transformación de caña de azúcar en etanol y sobre el uso de materias primas y tecnologías innovadoras. La EPN tiene mucha experiencia y una amplia trayectoria en investigación.
- *Universidad Técnica del Norte.* Las facultades de Agronomía e Industria Química impulsan y acompañan proyectos de estudio y de práctica, consultorías y programas de extensión en el tema de etanol de caña de azúcar.
- *Servicio Alemán de Cooperación Social y Técnica (DED).* Apoya proyectos relacionados con el tema de los biocombustibles, como parte de su trabajo en el tema de manejo sostenible de los recursos naturales.
- La empresa privada (ingenios azucareros y productoras de etanol) también realizan investigación para mejorar los procesos de producción.

#### **h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

Otras materias primas que se producen o pueden producir en el Ecuador para su transformación en etanol son: banano (rechazo y excedentes), remolacha, maíz, yuca y residuos de papel o madera (desperdicios celulósicos). El área, el rendimiento agrícola y el rendimiento en alcohol de algunos de estos productos se observa en la cuadro 16.

#### **i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

En Ecuador no existe un marco regulador para la mezcla de etanol con gasolina; sin embargo, dentro del plan de trabajo del Comité Técnico del Consejo Consultivo de Biocombustibles se ha establecido, como actividad, la realización de un estudio que ayude a establecer dicha normativa.

Actualmente se dispone de algunas recomendaciones técnicas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas que han servido de base para establecer la propuesta para la ejecución del “Plan piloto de formulación y uso de gasolina con etanol anhidro en la ciudad de Guayaquil”, que está diseñado para facilitar la preparación de 5000 galones diarios de “gasolina extra” con etanol (mezcla 95% gasolinas + 5% etanol anhidro) y su comercialización en el área urbana de la ciudad de Guayaquil.

Cuadro 16.

*Productos sustitutos para la producción de etanol en Ecuador*

Producto	Área	Productividad agrícola t/ha	Productividad en alcohol l/t
Banano	171.314	27,7	74
Remolacha		10-40	180
Yuca	24.931	5,6	180
Maíz	101.935	2,37	400

**j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El actual Gobierno del Ecuador ha ratificado su interés por trabajar en un proceso de sustitución energética orientado al uso de energía renovable. En los primeros días del mes de marzo del 2007 confirmó su apoyo a la ejecución del “Plan piloto de formulación y uso de gasolina con etanol anhidro en la ciudad de Guayaquil”, que se propuso desde el 2005 pero que no se ha ejecutado hasta ahora, por falta de decisión política y de acuerdo entre los actores.

Las principales empresas alcoholeras ecuatorianas, CODANA, SODERAL y PRODUCARGO, están interesadas en ampliar su capacidad instalada para suplir la demanda de etanol

que se daría con el arranque del Plan biocombustibles.

Así mismo, los gobiernos provinciales y diversos grupos empresariales (incluidos los ingenios azucareros) están interesados en invertir en esta actividad.

**k) Consumo anual de gasolina**

En el año 2005 se consumieron 460.012.897 galones de “gasolina extra” por un valor de US\$ 524.414.703 (\$1,41 el galón al consumidor) y 125.108.620 galones de “gasolina súper” por un valor de US\$ 262.728.102 (\$2,10 el galón al consumidor). La demanda de gasolina proyectada para el 2008 es de 627.606.000 galones.



## BIBLIOGRAFÍA

---

- Acción Ecológica, 2006, Biocombustibles, cultivos energéticos y soberanía alimentaría en América Latina, Quito, 153pp.
- Alianza País, 2006, Plan de Gobierno del Movimiento País 2007 – 2011, Ecuador.
- ANCUPA – FEDAPAL.- Biodiésel: el nuevo mercado del aceite de palma.
- Diario El Comercio, 11/30/2005, Ecuador entra al grupo de países productores de biocombustibles.
- Diario El Comercio, 24/06/2006, El cultivo de caña de azúcar crecerá en 20000 hectáreas.
- Diario El Comercio, 11/07/2006, La fabricación de etanol se atrasa por la falta de acuerdos.
- Ministerio de Agricultura Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2006, Programa Nacional de Biocombustibles, Presentación Power Point.
- Ministerio de Economía y Finanzas, 2004, Pro forma para el presupuesto general del Estado para el año 2005.
- Ministerio de Energía y Minas, 2006, Gasolina extra formulada con etanol.
- Página web del Ministerio de Energía y Minas, [www.menergía.gov.ec](http://www.menergía.gov.ec)
- Registro oficial No. 482, Decreto Ejecutivo 2332, 15 de diciembre del 2004.
- [http://www.ahkecuador.org/de/boletin/boletin\\_artikel2006-09.htm](http://www.ahkecuador.org/de/boletin/boletin_artikel2006-09.htm); Energías alternativas - ventajas medioambientales y socioeconómicas.
- Entrevista Ing. Carlos Jácome, Consultor de la Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas, noviembre 2006.
- Entrevista Ing. Mauro González, Responsable del Comité Técnico Interinstitucional del Consejo Consultivo de Biocombustibles y Coordinador del proyecto ERGAL, Ministerio de Energía y Minas, noviembre 2006.
- Entrevista Econ. Víctor Camacho, Miembro del Comité Técnico Interinstitucional del Consejo Consultivo de Biocombustibles, Ministerio de Agricultura, noviembre 2006.
- Entrevista Ing. César Loaiza, Gerente Asociación Nacional de Cultivadores de Palma ANCUPA, noviembre 2006.



## 3.10 EL SALVADOR





En el Salvador hay dos sectores claramente definidos con ingerencia en la producción de biocombustibles. El primero lo conforman los grandes empresarios e ingenios, y el segundo, los pequeños productores. Los ingenios y grandes empresarios están trabajando en la producción de etanol para combustible y tienen contactos internacionales para capturar tecnología y conocimientos. El grupo más representativo son los cañeros afiliados a la Cámara Agropecuaria y Agroindustrial. Los pequeños productores están iniciando trabajos en la producción de biodiésel a base de higuera (*Ricinus communis*) y tempate (*Jatropha curcas*).

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

Según el último dato oficial arrojado por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias correspondiente a la cosecha 2003-2004, en ese periodo se dedicaron 92.910 manzanas a la producción de caña de azúcar; es decir, 197.000 hectáreas. Se estimó una reducción en el área sembrada de aproximadamente 372.6 has para el año 2006. Sin embargo, se espera que en el 2007 dicha superficie experimente un incremento de 5.000 manzanas. Para el mismo período de cosecha, se reportó un rendimiento agrícola de 34,93 toneladas por hectárea.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

El potencial de incremento del área sembrada con caña de azúcar es de

30.000 manzanas (aproximadamente 20.067 hectáreas), sin comprometer áreas dedicadas a otros cultivos. Sin embargo, el Presidente de El Salvador sostiene que hay 600.000 manzanas (419.338 hectáreas, aproximadamente) que se encuentran disponibles en todo el país para este propósito.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

El total de azúcar producido en la cosecha 2003-2004 fue de 497.000 toneladas. Tomando en cuenta las 197.000 hectáreas de cultivo de azúcar que se reportaron para el período, se obtuvo un rendimiento promedio de 7,90 toneladas de azúcar por hectárea.

Según datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el costo promedio de producción de una tonelada de azúcar es de US\$1.522,48 el primer año, de US\$952,11 el segundo, y de US\$859,29 el tercer año.

Los costos del primer año son mayores debido a los costos de establecimiento del cultivo (preparación de tierras, compra y siembra de semillas, entre otros). En el segundo y tercer año las actividades son las mismas, pero los costos de mano de obra y fertilización son mayores en el segundo año. En los años cuatro y cinco, los costos son aún menores (US\$826 y US\$767, respectivamente). Con esto en mente y promediando los cinco años, el costo es de aproximadamente US\$985,38 por tonelada.

**d) Mecanización e irrigación**

El área cultivada con caña de azúcar en El Salvador se halla mecanizada en un 100%, a excepción de cosecha, donde el proceso se realiza mayormente de forma manual. Sin embargo, la cosecha mecanizada se vislumbra a corto plazo, por la escasez de mano de obra. De existir nuevas áreas de producción, estas contarán con un sistema de siembra totalmente mecanizado.

En cuanto a irrigación, en la actualidad no existen datos que permitan precisar el área de caña de azúcar que requiere irrigación; sin embargo, una aproximación gruesa apunta a afirmar que un 5% del área total sembrada recibe algún tipo de riego (entiéndase aplicaciones suplementarias de agua por medio de inundación, no un riego programado). Normalmente la práctica es aplicar unos tres o cuatro riegos durante la época seca.

El riego tecnificado, ya sea por aspersión o por goteo, es muy limitado y podría no exceder el 0,5% del área sembrada.

El régimen de lluvias incide directamente en la producción de caña; no obstante, no existe un estudio que establezca una correlación entre el volumen de precipitación y la producción de caña. Dado que las zonas cañeras están ubicadas en una misma zona climática, se hallan influenciadas por el mismo régimen de lluvias.

La precipitación media en el país es de 1.600 a 1.800 mm en las zonas sembradas con caña.

**e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

No se tienen datos sobre la producción local de etanol ya que ningún ingenio dedica toda su actividad a la producción de etanol. Se necesitan cerca de 2,5 a 3,5 galones de melaza para producir un litro de etanol. Según datos proporcionados por México, se pueden obtener 26,62 galones de etanol por tonelada de caña o unos 1.480 galones de alcohol por manzana cultivada.

Asimismo, según afirma el único productor de etanol del país (Ingenio La Cabaña), en la actualidad se está produciendo a un costo que supera los costos estándar normalmente aceptados de US\$0,40 a US\$0,45 por litro de etanol. El ingenio señala que sus costos son mayores a dichos valores, pero que en condiciones adecuadas de producción, se pueden lograr costos similares.

**f) Capacidad industrial instalada**

De momento solo el ingenio La Cabaña produce etanol y este es exportado en su totalidad. Este ingenio tiene capacidad para producir 120.000 litros por día de etanol, con posibilidades de ampliación.

Una mezcla de 10% de etanol con 90% de gasolina para ser usada en el mercado nacional representaría una demanda de 15 millones de galones al año. La Cabaña, con su capacidad instalada actual, puede suplir 11.571.994 galones de etanol por año.



También existe la posibilidad de establecer una planta de etanol con apoyo de Brasil y Estados Unidos; la planta tendría una capacidad de producción de 300.000 litros al día. Si se establece esta planta, se podrían producir 29 millones de galones de etanol al año, lo que generaría un excedente exportable.

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El país no cuenta con un instituto encargado de temas de investigación sobre el azúcar.

**h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

El Salvador cuenta con una serie de productos con alto contenido de sacarosa, como la caña de azúcar, las melazas y el sorgo dulce, que se adaptan a las condiciones del país; también está la remolacha, que no es un cultivo tradicional en El Salvador. Además, se pueden utilizar productos con alto contenido de almidón, como los derivados del maíz, la papa y la yuca.

En términos generales, el país podría cultivar muchos productos agrícolas que producen almidón y sacarosa; sin embargo, en las condiciones actuales, ninguno de los productos

citados anteriormente podría competir con la caña de azúcar, por razones de rendimiento energético y de producción de biomasa. De la misma forma, la caña genera efectos medioambientales más bajos.

**i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El etanol nunca se ha utilizado internamente, por falta de una ley que regule su empleo; sin embargo, se está formulando la Ley de Regulación sobre el Uso de Biocombustibles. El anteproyecto de la normativa está avanzado en un 95%, según declaraciones del Ministerio de Agricultura.

**j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El Gobierno se halla sumamente interesado en impulsar un programa de producción y uso de etanol. De hecho, El Salvador fue seleccionado entre 150 países productores de azúcar para el plan piloto de Estados Unidos y Brasil. Los presidentes de ambos países anunciaron la instalación de una planta en El Salvador para impulsar la producción de etanol.

Según la iniciativa presidencial sobre el etanol, la producción estará en manos privadas y no será responsabilidad del Gobierno. La tarea del Estado será apoyar con la búsqueda de financiamiento en organismos financieros internacionales.

**k) Consumo anual de gasolina**

Según cifras del Ministerio de Economía (MINEC), durante el 2006 el país consumió un total de 147.952.627 galones de combustible, lo que representó un costo total de US\$ 279.520.089,56.

El MINEC no reporta los precios de venta al consumidor final, sino los precios internacionales y sus variaciones mensuales. No obstante, los precios internacionales sirven para determinar el valor de las importaciones de hidrocarburos o el precio de venta de gasolina al consumidor final, ya que el país importa el 100% del combustible fósil que se consume internamente. En promedio, el costo de la gasolina regular al consumidor es de US\$ 2,97.





## 3.11 ESTADOS UNIDOS



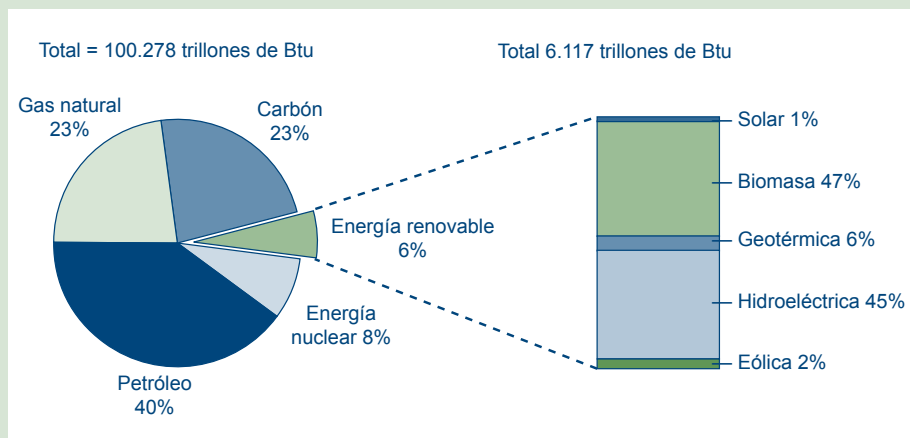
Las políticas públicas más eficaces que han logrado expandir la producción de energía renovable son las de tipo no agrícola (como la Ley de Fiscalidad Energética de 1978 o “Energy Tax Act” y la Ley de Política Energética de 2005). La mayoría de las políticas agrícolas han girado en torno a la oferta de alimentos y pienso. En esta sección abordamos las tendencias recientes en cuanto al uso de la energía en la agricultura, las oportunidades de producción de energía renovable, las políticas que han ayudado a generar estas oportunidades, así como las perspectivas para los mercados de energía renovable.

Desde la crisis energética de los años setenta, se ha contemplado el desarrollo de nuevas fuentes de energía en el sector agropecuario como una manera de expandir la

oferta energética nacional y ayudar a aliviar la creciente dependencia de Estados Unidos en las importaciones de petróleo. La energía renovable, incluida la hidroeléctrica, representó el seis por ciento del consumo energético del país en 2004, y casi la mitad de ese total (gráfico 5) proviene de la energía derivada de biomasa. La energía de biomasa se produce principalmente a partir de la madera (el 70 por ciento), seguido por los desechos (un 20 por ciento) y los combustibles de alcohol (un 10 por ciento). Si bien en los últimos diez años la madera ha suministrado la mayor parte de la energía derivada de biomasa, la fuente de energía renovable con el crecimiento más acelerado en ese mismo período ha sido el etanol. Diez años atrás, la participación del etanol en la producción de energía de biomasa era inferior al 4 por ciento.

**Gráfico 5.**

*Distribución del consumo de energía renovable en los Estados Unidos, 2004.*



Fuente: Administración de Información de Recursos Energéticos del Departamento de Recursos Energéticos

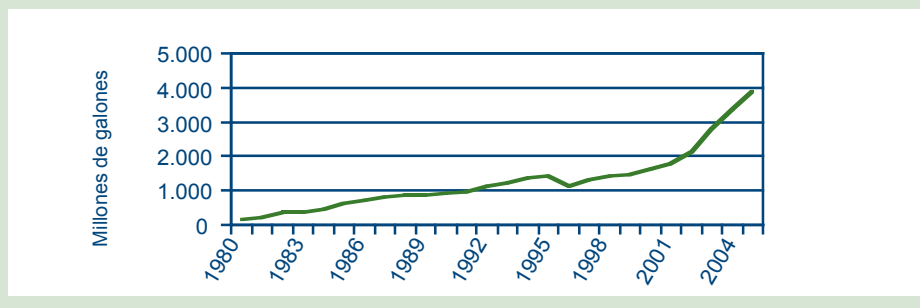


Durante los años ochenta y noventa, las inversiones en la industria del etanol y su producción se incrementaron con celeridad merced a los incentivos otorgados por el gobierno (gráfico 6). En 2005, esta industria produjo 4 mil millones de galones de etanol, el cual se mezcla en el 30 por ciento del combustible que se consume a nivel nacional.

El biodiesel, para el cual apenas se comienza a establecer un mercado en los Estados Unidos, es un biocombustible que sustituye el diesel de petróleo (gráfico 7). El biodiesel suele mezclarse con combustible diesel a niveles del 20 por ciento o menos. La mayor parte de los 91 millones de galones de biodiesel producidos en 2005 provenían del aceite de soya, aunque también se puede producir a partir de otros cultivos oleaginosos, grasas animales y otras grasas.

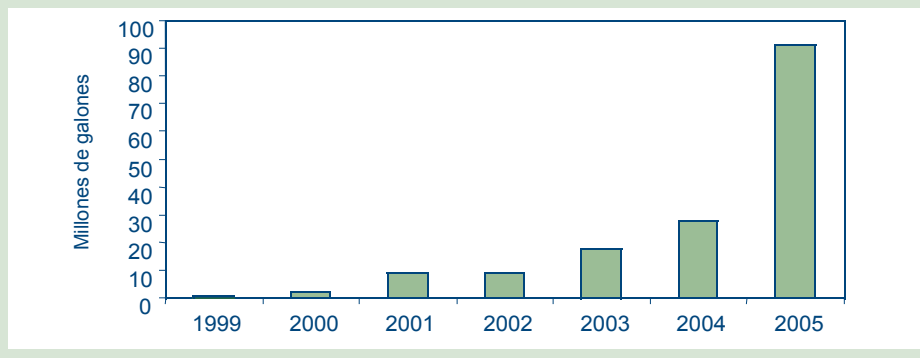
**Gráfico 6.**

*Producción anual de etanol en los Estados Unidos, 1980-2005.*



**Gráfico 7.**

*Producción anual de biodiesel en los Estados Unidos, 1999 – 2005.*





La Administración de Información de Recursos Energéticos del Departamento de Asuntos Energéticos de Estados Unidos calcula que este país consume cerca de 140.000 millones de galones de combustible y 60.000 millones de galones de diesel al año. En consecuencia, en términos de su contribución relativa a la satisfacción de las necesidades de combustible para el transporte, la producción de etanol dio cuenta de cerca del 3 por ciento del consumo de gasolina en el país, mientras que la producción de biodiesel cubrió el 0,15 por ciento del consumo de combustible diesel en 2005.

Si bien en años recientes la producción de etanol ha registrado un crecimiento impresionante, el mismo solo satisface cerca del 3 por ciento del consumo anual total de gasolina. En 2005-2006 se utilizó un 14 por ciento de la cosecha de maíz estadounidense en la producción de etanol, y para 2006-2007 el USDA proyecta un 20 por ciento de la producción de maíz nacional será convertida a etanol. A todas luces, la oferta de maíz es relativamente pequeña en comparación con la demanda de combustible, por lo que será necesario desarrollar otras fuentes nacionales de energía renovable para sustituir las importaciones de petróleo y, así, reducir de manera considerable la dependencia del país en dichas importaciones. El biodiesel puede aumentar la oferta de combustible diesel, pero la disponibilidad de cultivos oleaginosos, grasas animales y otras materias primas agrícolas también es relativamente pequeña en comparación con el mercado

del combustible diesel. Asimismo, las investigaciones pueden generar importantes avances tecnológicos dirigidos a ampliar significativamente la producción de etanol. En un futuro cercano, la base de materias primas para la producción de etanol podría expandirse de manera considerable gracias al avance tecnológico que permita convertir de forma económica el pasto aguja y otras biomásas de poco valor en etanol celulósico.

En relación con la política estadounidense en apoyo al desarrollo de los biocombustibles, destacan los aspectos siguientes:

▲ **Política energética.** Gran parte del crecimiento en la producción de etanol a partir del maíz se puede atribuir a programas de incentivos impulsados por el gobierno desde inicios de los años setenta. En virtud de la Ley de Fiscalidad Energética de 1978 se autorizó la exención de impuestos al consumo de combustibles para motor con mezclas de etanol, otorgando a las mezclas de al menos 10 por ciento de etanol por volumen una exención de US\$0,40 por galón del impuesto federal de combustibles para motor. Desde entonces, varios estatutos han ampliado la exención para incluir el etanol. En la actualidad, la ley federal autoriza un crédito tributario de US\$0,51 por galón para el etanol hasta el año 2010. También se han aprobado leyes para otorgar créditos tributarios al impuesto sobre la renta y garantías crediticias a pequeños productores de etanol.

La Ley para la Creación de Empleos en los Estados Unidos de 2004 otorgó a los



productores de mezclas de biodiesel un crédito tributario de US\$1,00 por galón de biodiesel producido a partir de cultivos oleaginosos y grasas animales, y un crédito tributario de US\$0,50 por galón para el biodiesel proveniente de grasas y aceites reciclados. Gracias en gran parte a este crédito tributario y a otros incentivos gubernamentales, la producción de biodiesel ha aumentado de unos 500.000 galones en 1999 a 91 millones de galones en 2005.

La Ley de Política Energética (EPACT) de 2005 incluyó varias disposiciones para ayudar a diversificar la producción nacional de energía mediante el desarrollo de combustibles renovables. La EPACT estipula la incorporación gradual de los combustibles renovables, mediante la denominada Norma de Combustibles Renovables (RFS, por sus siglas en inglés), que exige a los productores de combustible en Estados Unidos incluir una cantidad mínima de combustibles renovables cada año, comenzando con 4.000 millones de galones en 2006 para llegar a los 7.500 millones de galones en 2012. Asimismo, la EPACT creó el Programa de Biomasa Celulósica con el fin de impulsar la producción de etanol celulósico y financiar investigaciones en tecnologías de conversión. En el marco de este programa, cada galón de etanol derivado de biomasa, como el pasto aguja, residuos orgánicos y cultivos arbóreos, equivale a 2,5 galones que se pueden aplicar para satisfacer la norma RFS. Además, la EPACT prorrogó la exención tributaria para combustibles de biodiesel hasta 2008 y autorizó un crédito tributario al impuesto sobre la renta de US\$0,10

por galón para pequeños productores de biodiesel.

▲ **Política ambiental.** Existe una gran oportunidad para reducir la contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero sustituyendo la energía fósil con energía renovable. El etanol se utilizó por primera vez como un aditivo para combustible a finales de los años setenta, cuando la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) inició la supresión progresiva del plomo en la gasolina y se usó el etanol para reemplazar el plomo como aumentador de octanaje. En las Enmiendas de 1990 a la Ley de Aire Limpio (CAA, por sus siglas en inglés) se establecieron el Programa de Combustibles Oxigenados y el Programa de Gasolina Reformulada (RFG, por sus siglas en inglés) con el propósito de controlar las emisiones de monóxido de carbono y los daños al ozono provenientes de los combustibles para motores. A fin de cumplir con los nuevos requerimientos, las refinadoras mezclaron la gasolina con componentes oxigenados más limpios. Para cumplir con los mandatos de la CAA, el etanol y un aditivo a base de petróleo llamado metil terbutil éter (MTBE) se convirtieron en los dos oxigenados de uso más frecuente. En la actualidad, el MTBE está siendo reemplazado por el etanol dado que se ha determinado que el MTBE contamina el agua potable. Las normas adoptadas recientemente por la EPA para el combustible diesel exigen a las refinadoras eliminar la mayoría del azufre de este combustible, lo cual podría aumentar la demanda de biodiesel. En vista de que el biodiesel

no contiene azufre y constituye un excelente agente de lubricidad, las refinadoras podrían mezclar el biodiesel con el diesel de petróleo y, de esta forma, acatar la nueva normativa.

▲ **Política agrícola.** Tan solo en época reciente se comenzó a orientar la política agrícola hacia la conservación energética y la producción de energía renovable.

▲ **Programas estatales.** Existen, además, muchos programas estatales que fomentan el uso de la energía

renovable mediante la concesión de créditos fiscales, incentivos a la producción y la promulgación de mandatos en favor del uso de biocombustibles. Uno de los primeros estados en promover activamente los biocombustibles fue Minnesota, que cuenta con mandatos de consumo para el etanol y el biodiesel. El mandato de Minnesota del dos por ciento para el biodiesel, vigente desde 2004, creó un mercado de 16 millones de galones para este combustible. Cada estado tiene al menos un programa de promoción de la energía renovable, y la mayoría cuenta con varios.

### *Perspectivas del mercado*

A lo largo de los años, las iniciativas gubernamentales han llegado a ser necesarias para ayudar al etanol y al biodiesel a competir con combustibles a base de petróleo más baratos. Sin embargo, la reciente alza en los precios del petróleo ha hecho que los biocombustibles se vuelvan mucho más competitivos y nuevas inversiones están fluyendo hacia estas industrias. La cantidad de fábricas de biodiesel crece rápidamente gracias a los incentivos gubernamentales y a los altos precios del combustible diesel –en 2000 había menos de diez fábricas y, en 2006, la cifra llegaba a 65, con una capacidad anual de 395 millones de galones. En este momento, se están construyendo 58 fábricas más o están en proceso de expansión, lo cual aumentaría la capacidad de producción en 318 millones una vez terminadas. La producción de etanol también ha crecido con rapidez.

En 2000, había 54 fábricas con una capacidad anual cercana a los 1.750 millones de galones. Al presente, existen más de 100 fábricas de etanol con una capacidad de producción combinada superior a los 4.500 millones de galones. Se espera que con la conclusión de 30 fábricas adicionales de etanol, la capacidad anual aumente a más de 2.000 millones de galones.

La producción de etanol y de biodiesel continuará creciendo mientras se otorguen incentivos gubernamentales y los precios mundiales del petróleo se mantengan altos. Los precios mundiales del crudo se han disparado desde 1999, cuando el precio nominal anual promedio del Petróleo Intermedio de Texas (WTI) pasó de US\$19,5 por barril a US\$30,9, en 2000 (gráfico 8). Entre los años 2000 y 2003, el precio promedio del WTI por barril osciló entre unos US\$26 y



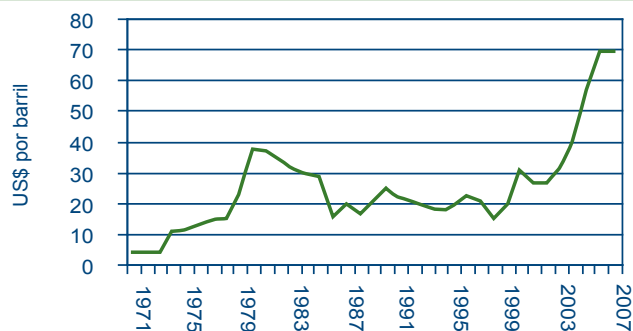
US\$31. En 2004, este mismo precio se elevó a más de US\$41 por barril, y en 2005, a más de US\$56. Las proyecciones de corto plazo de la EIA señalan que el precio promedio del WTI por barril llegará a los US\$69 en 2006 y se mantendrá estable en 2007.

Los altos precios del crudo se han traducido en la elevación de los precios minoristas y mayoristas de la gasolina y el diesel. La EIA calcula que el precio

mayorista promedio para la gasolina ha aumentado de US\$1,28 por galón en 2004 a US\$2,04, en 2006. Cuando los costos directos y netos de la materia prima del etanol rondaban US\$1,00 por galón, el etanol no era competitivo con la gasolina a los precios de 2004 sin el crédito al impuesto sobre la renta. Sin embargo, con la reciente alza en los precios de la gasolina, el etanol a base de maíz es competitivo con la gasolina sin el crédito tributario al impuesto sobre la renta.

**Gráfico 8.**

*Precios anuales promedio y proyectados del crudo en EE.UU., 1971-2007.*



Según la proyección de largo plazo de la EIA, se espera que el precio real del crudo importado se estabilice después de 2007 y que quizá disminuya para el 2010. No obstante, se prevé que las existencias de petróleo en el mundo continúen escasas y la demanda fuerte, lo cual mantendrá la presión sobre los precios del petróleo hasta el 2030. Si los precios futuros del petróleo reflejan las proyecciones de la EIA, la producción de biodiesel y de etanol seguirá creciendo y la tasa de crecimiento dependerá del nivel de los precios del crudo, los costos de

las materias primas y los cambios en la tecnología.

Las siguientes son algunas consideraciones en el desarrollo futuro de la tecnología para la producción de biocombustibles que forman parte de la agenda en Estados Unidos:

**El Servicio de Investigación Agrícola (ARS)** es la principal agencia de investigación del USDA. El trabajo específico del ARS en materia energética se fundamenta en los aspectos siguientes:

■ **Mejor comprensión de las bacterias productoras de etanol.** El proceso de la degradación de celulosa todavía no se entiende bien. La investigación en este campo genera nueva información sobre la regulación de la degradación de celulosa por un organismo que parece prometedor para convertir la biomasa celulósica.

■ **Mejoramiento de los organismos para la producción de etanol.** Los inhibidores formados durante el tratamiento previo del material lignocelulósico reducen el desempeño de los organismos de fermentación productores de etanol. Los científicos del ARS utilizan un método denominado adaptación dirigida, desarrollando cepas de organismos con una capacidad mejorada para convertir compuestos tóxicos en unos menos tóxicos. El desarrollo de estos organismos más tolerantes constituye un paso importante en la creación de la tecnología necesaria para producir comercialmente el etanol a partir de material vegetal celulósico.

■ **Identificación de genes clave en la biosíntesis de la pared celular.** Impera la necesidad de identificar los genes que regulan la composición de la pared celular de la alfalfa, a fin de poder desarrollar nuevas variedades que tengan un mayor potencial como materia prima para producir biocombustibles. Los científicos del ARS identificaron y tipificaron un gen, UDP-glucosa pirofosforilasa

(Ugp), que cumple una función importante en la biosíntesis de la pared celular en las plantas. El aislamiento del gen Ugp y los nuevos conocimientos adquiridos sobre la proteína que produce permitirá modificar las paredes celulares de las plantas de alfalfa y, de esta manera, aumentar el valor de este cultivo como materia prima para producir bioenergía.

#### a) Cultivo de caña: área sembrada y rendimiento actual

La producción de caña de azúcar en el 2005-2006 equivale a 387.250 hectáreas, con un rendimiento de 66,63 ton/ha

#### b) Azúcar: producción, rendimiento y costos

La producción total de Estados Unidos es de 2.707.000 toneladas con un rendimiento de 6.99 toneladas por hectárea.

El etanol de Estados Unidos, se produce a partir de maíz y tiene un costo de producción de 0,29 centavos por litro.

#### c) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada métrica de azúcar) y costos

Aunque el crecimiento del etanol ha sido impresionante en los últimos años, se estima que su participación en el total del consumo anual de gasolina anda cerca del 3%. También



se estima que en el periodo 2005-2006 se usó el 14% de la cosecha de maíz estadounidense para la producción de etanol; el USDA proyecta que en el periodo 2006-2007 se utilizará el 20% de la producción de maíz estadounidense con este fin. Está claro que el suministro de maíz es relativamente pequeño en comparación con la demanda de gasolina, por lo que es necesario desarrollar otras fuentes domésticas de energía renovable. La caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor uso para la producción de etanol.

#### d) Capacidad industrial instalada

La producción del etanol ha crecido rápidamente. En el 2000, había 54 plantas con una capacidad de producción de aproximadamente 1,75 mil millones galones por año. En la actualidad existen más de 100 plantas de etanol, cuya capacidad de producción combinada asciende a más de 4,5 mil millones galones anuales.

**Cuadro 17.**

#### *Estados Unidos. Capacidad de producción por estado*

Estado	Capacidad MMgal/año	% de capacidad	Nº. de plantas	% de plantas
Iowa	1.606	33	25	24,5
Illinois	706	14,5	6	5,9
Nebraska	566	11,6	11	10,8
Minnesota	546	11,2	16	15,7
South Dakota	475	9,7	11	10,8
Wisconsin	193	4,0	5	4,9
Kansas	179	3,7	7	6,9
Indiana	122	2,5	2	2,0
Missouri	110	2,3	3	2,9
Colorado	93	1,9	3	2,9
Tennessee	67	1,4	1	1,0
North Dakota	51	1,0	2	2,0
Michigan	50	1,0	1	1,0
Kentucky	38	0,8	2	2,0
California	34	0,7	3	2,9
New México	30	0,6	1	1,0
Wyoming	5	0,1	1	1,0
Ohio	3	0,1	1	1,0
Georgia	0,4	0,0	1	1,0
<b>TOTAL</b>	<b>7.872</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>100</b>

**e) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El Servicio de Conservación de Recursos Natural del USDA (NRCS) tiene varios programas que regulan el uso de energía en fincas y haciendas. Estos programas incluyen, entre otros, el Programa de Administración de la Seguridad Agrícola (CSP), el Programa de Incentivos para la Calidad del Ambiente (EQIP), el Programa de Asistencia Técnica para la Conservación (CTA).

**f) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

Estados Unidos prevé utilizar el 25% de los cultivos de maíz para producir 26.500 millones de litros de etanol en el año 2010, según aparece señalado en el Boletín de información agraria y pesquera de Estados Unidos y Canadá. El maíz será uno de los cultivos que se utilizarán como materia prima para la producción de etanol.

La investigación puede proporcionar descubrimientos tecnológicos que lleven a una expansión significativa en la producción del etanol. En un futuro cercano, se podría obtener etanol a partir de biomasa; por ejemplo a partir de gramíneas como la "switchgrass".

**Cuadro 18.**

*Productos utilizados para la obtención de etanol*

Cultivo	Capacidad MM gal/año	% de capacidad	Nº. de plantas	% de plantas
Maíz <sup>a</sup>	4.516	92,7	85	83,3
Maíz/Millo	162	3,3	5	4,9
Maíz/trigo	90	1,8	2	2,0
Maíz/cebada	40	0,8	1	1,0
Millo/cebada	40	0,8	1	1,0
Melaza <sup>b</sup>	16	0,3	5	4,9
Suero	8	0,2	2	2,0
Azúcar y almidones	2	0,0	1	1,0
<b>TOTAL</b>	<b>4.872</b>	<b>100</b>	<b>102</b>	<b>100</b>

Fuente: US EPA

<sup>a</sup> Incluida la semilla de maíz

<sup>b</sup> Incluidos los residuos de la industria cervecera





El crecimiento de la producción de etanol y consumo tuvo un aumento elevado en el año pasado, entre el 2002 y el 2006, la producción tuvo un incremento del 23%, mientras que el consumo tuvo un crecimiento del 27% por año. Es el resultado del aumento en mezcla de etanol con gasolina de un 1.5% en el 2002 a 3.8% en 2006, representando un consumo de 20.4 billones de litros. Este notable incremento puede ser atribuido a las políticas gubernamentales. Primero, los Estándares de Combustibles Renovables (RFS) creando una garantía para el mercado. Segundo, gracias a los altos incentivos arancelarios, los Estados Unidos han podido realizar fuertes inversiones en la industria del etanol. (GMF. The German Mashall Fund of the United Status).

#### **g) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El maíz ha sido la principal materia prima para la producción de etanol. Esto puede atribuirse a los programas de incentivos gubernamentales que empezaron en los años setenta. El principal incentivo está relacionado con la exención de impuestos (\$0,40 por galón) para la mezcla de E10. Desde entonces, varios estatutos han

ampliado la exención de impuestos para el etanol. Actualmente, la ley Federal autoriza el crédito del impuesto de \$0.51 por el galón para el etanol hasta el 2010. La legislación también otorga beneficios a los pequeños productores del etanol.

#### **h) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El Servicio de Conservación de Recursos Natural del USDA (NRCS) tiene varios programas relacionados con el uso de energía en fincas y haciendas. Estos programas incluyen, entre otros, el Programa de Administración de la Seguridad Agrícola (CSP), el Programa de Incentivos para la Calidad del Ambiente (EQIP), el Programa de Ayuda Técnica para la Conservación (CTA).

Adicionalmente, se firmo en agosto de 2005 el Acta de Política de Energía, esta legislación fijo una meta de 28.4 billones de litros de consumo de combustibles renovables para el 2012, el cual representa alrededor del 5 por ciento (en volumen) del consumo proyectado para el 2012. Sin embargo, los Estados Unidos pueden ir más allá de este objetivo, en donde requiere 132.5 billones de litros de combustibles renovables y alternativos para el 2017.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

Report adapted from a USDA 2007 Farm Bill Theme Paper from August 2006  
G:\REPORTS\State and Outlook of US Bio-Energy and Agriculture 2006.doc  
"Renewable Fuel Standard Program: Draft Regulatory Impact Analysis

GMF. The German Mashall Fund of the United Status. EU and US Policies on Biofuels  
Potencial Impacts on Developing Countries.



## 3.12 GUATEMALA



Guatemala tiene una amplia tradición agrícola donde sobresalen el café, el azúcar, el cardamomo y el banano.

La industria azucarera ha tenido una participación relevante en la producción de energía eléctrica, al instalar, en los ingenios, cogeneradores que funcionan con bagazo de caña. De esta forma se aprovecha también el periodo entre zafras. Su importancia relativa en la producción energética se puede inferir de los datos de producción de energía eléctrica; como puede verse en el cuadro de al lado, en el 2001 dicha producción fue de 5.772,3 GWh. Destacan la producción hidroeléctrica, con un 39,2% y la de motores recíprocos (combustión interna), con un 30,8%. Las centrales que utilizan energías renovables aportan el 52,6%. El 35% de la producción de energía eléctrica es público, el resto corresponde a empresas privadas. En la actualidad se exportan 120.000 litros diarios de etanol carburante a la costa oeste de los Estados Unidos.

Sistema Nacional Interconectado		
Producción 2001 (GWh)		
Hidroeléctricas	2,264.3	39.2%
Geotérmicas	193.7	3.4%
Plantas de Vapor	849.9	14.7%
Cogeneradores	576.8	10.0%
Turbinas de Gas	106.9	1.9%
Motores Recíprocos	1,780.7	30.8%
Autoprodutores	0.0	0.0%
<b>TOTAL</b>	<b>5,772.3</b>	<b>100.0%</b>

#### a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual

El azúcar es el principal producto de exportación de Guatemala. El país posee cerca de 197.000 hectáreas de caña de azúcar; de ellas, un 72% tiene destino internacional, esto es, cerca del 24% del valor total de la producción. En el período 2004-2005, la producción fue de 17,8 millones de toneladas y se generó un rendimiento agrícola promedio de 90,5 toneladas por hectárea.

#### b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar

Al momento no se posee información sobre el área potencial disponible para la producción de caña de azúcar en Guatemala.

#### c) Azúcar: producción, rendimiento y costos

La producción total de azúcar es de 44,3 millones de quintales o 2,01 millones de toneladas métricas y el rendimiento aproximado es de 10,20 toneladas de azúcar por hectárea. El costo de producir una tonelada de caña se estima en US \$ 18,50.

#### d) Mecanización e irrigación

No se tiene certeza sobre la proporción de área a la que puede extenderse la mecanización. En todo caso, la mayoría de los suelos no son aptos para la mecanización y muchos de ellos deben ser sometidos a algún tipo de

acondicionamiento previo (nivelación de terrenos, por ejemplo). Hay suelos con características para la cosecha mecanizada, pero se descartan por ser arenosos. Para que la maquinaria pueda entrar en los cañaverales, la cosecha tiene que empezar en el verano. En la costa sur, lugar donde se concentra la producción de caña, el régimen de lluvias se prolonga entre 5 y 6 meses, periodo en el que se dificulta la recolección de la caña.

**e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

De acuerdo con la capacidad de las destilerías del país y el nivel de producción de caña, se estima que se generan cerca de 5.570 litros de etanol por hectárea de caña. El costo aproximado de producir un litro de etanol es de US\$ 0,321.

**f) Capacidad industrial instalada**

La industria está conformada por 15 grandes unidades localizadas en 5 departamentos. En la cosecha 2004-2005, estas unidades, dueñas de las 197.000 hectáreas de caña que se cultivan en el país, generaron una producción de caña molida de 17,8 millones de toneladas. En cuanto a producción de etanol, en la actualidad operan cuatro destilerías que tienen una capacidad de producción de 490.000 litros al día. La Destilería Bioetanol, que funciona con el Ingenio Pantaleón, es la más grande del país y la tecnología de avanzada que empleará próximamente le

permitirá producir 150.000 litros de etanol al día.

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El principal centro de investigación del país es el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), ente de carácter privado que se dedica al estudio de la caña de azúcar. Temas como la obtención de variedades de caña de azúcar, el manejo integrado de plagas, la fertilización, el riego y la capacitación forman parte del área de estudio de ese centro. Otras instancias de investigación son la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala, ATAGUA y OCTAGON.

**h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

El maíz es el cultivo sustituto con mayor potencial para la producción de etanol. En el 2005, una superficie cultivada de 603 mil hectáreas generó una producción de 1.072.310 toneladas de maíz y un rendimiento de tan solo 1,78 toneladas por hectárea, valor que se ha mantenido constante durante los últimos cinco años.

**i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

En Guatemala se encuentra en vigor la Ley del Alcohol Carburante (Decreto Ley No. 1785, de 21/02/1985) y



su Reglamento General. La Ley establece normas relacionadas con la producción, almacenamiento, manejo, uso, transporte y comercialización del alcohol carburante y su mezcla.

Por otra parte, el 27 de abril de 2006 se presentó la iniciativa de Ley No. 3469, que reforma el Decreto Ley 1785, que permitía el uso del alcohol carburante, inclusive con una especificación oficial vigente de calidad para la mezcla de gasolina, con 25% de alcohol, de carácter obligatorio, el cual no condujo a los resultados deseados. En términos generales, esta nueva iniciativa impulsaba el establecimiento de las bases y la determinación del marco que regule e instaure un programa nacional de oxigenación de gasolinas a través de la producción nacional de alcohol carburante, el cual sería mezclado con aditivo que oxigene las gasolinas actualmente utilizadas en el país. Iniciativa que al final no fue aprobada por el Congreso.

Por último, el 10 de noviembre de 2003, el Congreso aprobó la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable y declaró de urgencia e interés nacional la explotación racional de los recursos energéticos renovables. Dicha Ley fue aprobada finalmente el 16 de junio de 2005 y en ella se establecen, además, los respectivos incentivos fiscales, económicos y administrativos.

#### **j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

En el 2003, el Ministerio de Energía y Minas, ente responsable de la política energética, mediante la Dirección General de Hidrocarburos, tuvo la iniciativa de lanzar un programa denominado Bioenergía, que planteaba la posibilidad de utilizar productos agrícolas, como la caña de azúcar y frutas ricas en sacarosa, para producir etanol, como también de utilizar aceites vegetales para producir biodiésel.

El Gobierno ha manifestado su interés por apoyar iniciativas de producción de etanol y por promover el desarrollo de estos proyectos. Sin embargo, es necesario establecer un marco legal que garantice las inversiones de los productores de alcohol, que les dé las garantías necesarias para incursionar en el negocio y que establezca el papel que desempeñan en dicho campo, tanto el Gobierno (garantía de Estado como facilitador del proceso), como el sector productivo, ya que la Ley de Alcohol Carburante por sí sola no funciona.

#### **k) Consumo anual de gasolina**

En el año 2006, el consumo de gasolina se estableció en 7.296.35 miles de barriles, lo que representa aproximadamente 1.160.000 metros cúbicos. El país importa el 100% del combustible que consume.



## 3.13 HONDURAS



El negocio de los biocombustibles en Honduras surge como consecuencia del constante incremento del precio de los combustibles, así como de la conciencia de que tanto la combustión en los motores diésel convencionales como la zafra o recolección de la caña de azúcar generan impactos negativos en el ambiente. Tal situación ha motivado a algunas industrias a invertir en la búsqueda de combustibles alternos. Los sectores público y privado se muestran decididos a impulsar la producción, uso y manejo de biocombustibles. Los actores más activos en este tema son la Corporación Dinant, el Grupo Haremar de San Pedro Sula, los productores independientes, la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), y el Ministerio de Agricultura.

Los productores de caña de azúcar y de palma africana están preparando, para presentar ante el Congreso Nacional, un borrador de Ley de Biocombustibles, que se enmarca en el cumplimiento de las leyes ambientales nacionales y de los tratados internacionales relacionados. Este proyecto pretende establecer un marco jurídico que tenga como objetivo principal el libre acceso a la actividad económica y a la diversidad del mercado de combustibles, el fomento del desarrollo agropecuario y agroindustrial, la generación de empleo y la disminución de la contaminación.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

En Honduras, el área sembrada de caña de azúcar es de 88.120 hectáreas y el rendimiento por hectárea es de 73,12 toneladas métricas por hectárea.

#### **b) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

La producción total de azúcar fue de 381.018 toneladas y el rendimiento fue de 4,32 toneladas de azúcar por hectárea.

#### **c) Mecanización e irrigación**

Aproximadamente el 90% del área destinada al cultivo de la caña para la producción de azúcar se encuentra mecanizado, pero solo el 2,1% tiene irrigación. La precipitación pluvial en las zonas cañeras es de 540 a 1200 mm.

#### **d) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

No hay producción de etanol para combustible.

#### **e) Capacidad industrial instalada**

En el país hay seis ingenios, con una capacidad de molienda de 42.000 toneladas por día.

Las plantas de producción de azúcar Chumbagua, La Grecia y Tres Valles han iniciado estudios para la producción de etanol y han tomado acciones para instalar dos refinerías en la región de Olancho.



Cuadro 19.

**Capacidad de procesamiento de las refinerías**

Refinería	Capacidad (t/día)
Santa Matilde	12.000
La Grecia	9.000
AZUNOSA	6.500
AYSA	4.500
ACHSA	4.000
Chumbagua	3.000
CATV	3.000
Total	42.000

Fuente: APAH

#### f) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol

Las principales instituciones que, en Honduras, tienen programas de investigación para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol son:

- La Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Se han presentado tesis en temas como: evaluación del uso de etanol en los motores de combustión interna, evaluación de métodos de producción alternativa de etanol a partir de yuca, suero de leche, sorgo, papa, aserrín y madera, corozo, residuos de col y maíz, así como evaluación

de rendimientos agrícolas de la caña de azúcar como cultivo económico agroindustrial.

- La Universidad de San Pedro Sula (USPS) guarda en su centro de documentación evaluaciones recientes hechas en el Valle de Sula sobre producción agrícola y sobre el potencial de producción de etanol a partir de la caña de azúcar.
- La Escuela Agrícola Panamericana (EAP) ha realizado estudios de investigación sobre el rendimiento agrícola del cultivo de la caña en distintos sitios de país.
- La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) ha completado, en sus centros asociados, como el Centro Agronómico Demostrativo del Trópico Húmedo (CADETH), diversos estudios comparativos de adaptación de variedades.

#### g) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina

No existe una ley que norme la cantidad de gasohol que se puede utilizar; sin embargo, el Congreso Nacional estudia una iniciativa presentada por la Asociación de Productores de Azúcar, que describe la sustitución de etanol por gasolina hasta en un 30%; la sustitución puede ser total siempre y cuando se haga un recubrimiento interno del motor con una aleación de aluminio.



## h) Programas públicos y privados de producción y uso del etanol

Tanto el sector privado como el gobierno están interesados en producir etanol. Ese interés se manifiesta en la puesta en marcha de tres iniciativas claramente definidas. Una primera etapa en la que los productores han implementado un proceso de aumento de la productividad; una segunda fase, que ya está en ejecución, orientada a la cogeneración de energía eléctrica con el bagazo de la caña, y una tercera fase experimental de producción de etanol.

## i) Consumo anual de gasolina

Honduras depende principalmente del petróleo externo y esto lo hace vulnerable a las fluctuaciones del precio internacional. Según datos de la UN/CEPAL, los valores de importación son regulados por el precio internacional. En el 2002 los valores de importación ascendieron a \$395 millones (25% gasolina y 45% diésel).

En el año 2004 la “gasolina superior” tuvo un consumo de 54,88 millones de barriles de 159 litros, y el de “gasolina regular” fue de 52,68 millones de barriles (cuadro 20).

**Cuadro 20.**

### *Consumo de combustibles (millones de litros)*

Combustible	2000	2001	2002	2003
Gasolina	110,4	116,5	116,8	57,1
Diesel	173,1	221,5	242,7	132,7
Otros derivados	149,9	175,2	181,3	95,3
<b>Total</b>	<b>433,5</b>	<b>513,3</b>	<b>539,8</b>	<b>285,2</b>

Fuente: CEPAL, 2006

## BIBLIOGRAFÍA

Doris Sandoval. Biocombustibles, alternativa ambiental. Situación de Honduras. Centros de Estudios y Control de Contaminantes. Julio de 2006. [cescco@cablenet.hn](mailto:cescco@cablenet.hn)

Luís Augusto Horta Nogueira, Costos y precios para etanol combustible en América Central (Santiago: United Nations/Comisión económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), 9 mayo 2006)

Moisés Starkman, Programa de Biodiésel, Casa Presidencial. [http://presidencia.gob.hn/proyectos\\_prog/biodiesel/biodiesel.htm](http://presidencia.gob.hn/proyectos_prog/biodiesel/biodiesel.htm)



## 3.14 JAMAICA



Jamaica es uno de los países del Caribe con mayor demanda de energía, cuenta con un amplio nivel de importaciones de combustibles, pero también con un gran potencial para la producción de biocombustibles que le puede ayudar a equilibrar su matriz energética.

El interés del país por desarrollar el campo de los biocombustibles se hace patente en actividades como: acuerdos de cooperación con Brasil, un marco regulador que obliga a la mezcla de gasolina con etanol, y alianzas de la Compañía Nacional de Petróleos, Petrojam, con socios petroleros y de biocombustibles de nivel internacional.

**a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

Jamaica posee un área de siembra de 40 mil hectáreas de caña de azúcar.

**b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

En Jamaica existe un potencial agrícola para la siembra de caña de azúcar de 513 mil hectáreas.

**c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

En el 2006 la producción total de azúcar en Jamaica fue de 167.000 toneladas, con un rendimiento de 4,18 toneladas por hectárea.

**Cuadro 21.**

*Capacidad de las refinerías de azúcar en Jamaica*

Instalaciones	Capacidad (ton de azúcar)	Capacidad (ton de caña)	Toneladas de caña/día
Frome	90.000	1.080.000	6.000
Monymusk	65.000	780.000	4.333
Bernard Lodge	50.000	600.000	3.333
Trelawny	30.000	360.000	2.000
St. Thomas	25.000	300.000	1.667
Applenton (Privado)	50.000	600.000	3.333
Worthy Park (Privado)	26.000	312.000	1.733
<b>Total</b>	<b>336.000</b>	<b>4.032.000</b>	<b>22.400</b>

Fuente: Loy y Coviello, 2005

### **d) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

En el 2005 el país procesó 22 millones de litros de etanol, 25 millones menos que el año anterior.

### **e) Capacidad industrial instalada**

En Jamaica existen 7 refinerías de azúcar de tamaños variados. La industria tiene la capacidad de producir diariamente 22.400 toneladas. Con esta capacidad, la industria de azúcar puede procesar 2,1 millones de toneladas de caña de azúcar en 94 días.

La producción de etanol en Jamaica data de 1985, cuando se abrieron dos plantas productoras para la exportación a EE UU. Actualmente la capacidad de producción es de 52 millones de galones de etanol por año. La primera planta, comprada a la Congrio en Brasil, se instaló en 1985 y tiene una capacidad de producción anual de 10 millones de galones. La segunda planta, comprada a la APV en los Estados Unidos, se instaló en 1986 y tiene una capacidad de producción de 42 millones de galones al año.

### **f) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

En mayo de 2006, Petrojam comenzó un proyecto piloto para buscar una

mezcla sostenible de etanol y gasolina que pudiera usarse en el transporte en Jamaica. El proyecto empleó los vehículos del grupo Petrojam y de los Ministerios de Industria, Tecnología, Energía y Comercio.

También hay otras iniciativas que están orientadas a mejorar el rendimiento agrícola, sobre todo el de la caña de azúcar y los procesos asociados.

### **g) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

La última directriz en materia de energía en Jamaica data de 1995 y apunta a diversificar la matriz energética del país y a fomentar la explotación de recursos nacionales, cuando esto sea económicamente viable y técnicamente factible.

Jamaica ha estado estudiando la posibilidad de utilizar combustibles alternativos, en particular los elaborados con materia prima nacional, como sería el etanol a partir de caña de azúcar, para sustituir en parte los productos de petróleo que se usan en el sector del transporte.

La política gubernamental fomenta el uso de etanol en la gasolina; sin embargo, para lograr viabilidad financiera a largo plazo, la industria local de la caña de azúcar necesitaría contar con el conocimiento y la tecnología para la producción de etanol.



En el 2005, las empresas Coimex de Brasil y Etanol de Petrojam S.A. realizaron una inversión de US\$ 10,5 millones para modernizar sus refinerías y lograr así una capacidad de producción de 150 millones de litros de etanol, a partir de caña de azúcar.

### **BIBLIOGRAFÍA**

---

Detlef Loy y Manlio Coviello, en cooperación con el Ministerio de Comercio, Ciencia y Tecnología de Jamaica. Renewable Energies Potencial in Jamaica. Santiago UN/ECLAC y GTZ. Mayo de 2005.

Jamaica, Ministerio de Industria, Tecnología, Energía y Comercio. Performance of the Petroleum Corporation of Jamaica for Financial Year 2005/2006 and Focus for Financial Year 2006/2007.

Petrojam Ethanol. Petrojam Limited. <http://www.pcj.com/petrojam/associate.htm>

United Nations, Food and Agricultura Statistics Division, FAOSTAT. <<http://faostat.foa.org/site/336/destoktopdefa<ault.aspx?pageID=336>>



## 3.15 MÉXICO





La dotación de recursos naturales de México sugiere que el país puede desarrollar una importante industria de agroenergía y biocombustibles, y contribuir a disminuir la pobreza en zonas donde los costos de los combustibles fósiles los hacen inalcanzables. A pesar de que es un exportador neto de combustibles, se estima que el potencial de desarrollo de biocombustibles para consumo interno puede llegar a desplazar hasta en un 30% las importaciones que el país debe hacer para el consumo corriente.

El Gobierno mexicano ha expresado su interés en aumentar del 3% actual a un 8%, en 2012, la participación de las energías renovables en el abastecimiento total de energía del país. Diversos estudios estiman que la bioenergía puede abastecer entre el 54% y el 85% de las necesidades totales de energía y esta oferta se derivará, en un 27% a 54% de combustible de madera, en un 26% de agrocombustibles y en 0,6 % de los subproductos de esos últimos.

Cambios en la legislación, para asegurar en particular el flujo de inversión extranjera sostenible, aumentos en la productividad y competitividad de las materias primas, así como el cumplimiento del Protocolo de Kyoto, son algunos de los aspectos que México debe superar para pasar a ser un actor competitivo en el mercado global de los biocombustibles.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

El área de siembra de caña de azúcar de México es de 680 mil hectáreas.

#### **b) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

La producción total es de 77,5 toneladas por hectárea de caña y el rendimiento, de 8,8 toneladas de azúcar por hectárea.

#### **c) Mecanización e irrigación**

El 30% del área sembrada con caña de azúcar tiene irrigación.

#### **d) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

La producción de etanol por hectárea es de 4.659 litros y de 52,8 litros por tonelada de caña de azúcar.

#### **e) Capacidad industrial instalada**

La capacidad de molienda es de 288.234 toneladas de caña por día, distribuida en 58 ingenios.

#### **f) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

Se registran casos aislados de institutos de investigación o empresas privadas que tienen proyectos para producir etanol. Sin embargo, son esfuerzos individuales y muy pequeños. Destacan la Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), el Instituto Tecnológico de Monterrey (ITESM), el Instituto Nacional de Investigación Agrícola, Pecuaria y Forestal (INIFAP),

organizaciones gremiales como la Confederación de Agricultores del Estado de Sinaloa (CADESS), una empresa privada en Cadereyta, Nuevo León, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Secretaría del Ambiente, la Secretaría de Agricultura, la Secretaría de Minas y Petróleo de México, entre otros.

### **g) Disponibilidad de productos sustitutos para la producción de etanol**

En Sinaloa se instalará la primera planta para producir etanol y se empleará maíz como materia prima. Además, existe la posibilidad de producir etanol a partir de sorgo; este es el segundo cultivo más grande en México, con una producción anual cercana a los 6 millones de toneladas. El sorgo tiene costos de producción menos altos que el maíz y la misma concentración de almidón, lo que lo convierte en una buena opción para la producción de biocombustibles.

### **h) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

Existen dos proyectos de ley. El primero, presentado por el poder Ejecutivo, hace referencia a una política energética integral de largo plazo y tiene como objeto regular y fomentar el aprovechamiento de las fuentes

renovables de energía de manera compatible con el entorno social y ambiental. El segundo, presentado por el Poder Legislativo promueve la agricultura dándole un valor adicional a través de la energía.

### **i) Programas públicos y privados de producción y uso del etanol**

El Gobierno del Distrito Federal ha manifestado su disposición para que, sumando esfuerzos con el Gobierno Federal, a través de las autoridades del ramo energético, se oriente un plan piloto con el doble propósito de apoyar tanto al campo cañero como a la industria azucarera. El plan consistiría en destinar un importante lote de vehículos que utilizarían gasolina mezclada con un 10% de alcohol anhidro, y en establecer un programa de seguimiento para el control de las emisiones y la verificación del rendimiento de los motores y la evaluación de las partes susceptibles de desgaste (elastómeros). Para todo ello, se contaría con el apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo, el Programa Universitario de Energía (PUMA) y de la ESIME del Instituto Politécnico Nacional, entre otros.

### **j) Consumo anual de gasolina**

El consumo de petróleo y de gasolina en México es de 39.455 m<sup>3</sup>.



## BIBLIOGRAFÍA

---

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

Arjona, Diego. "Combustibles y biocombustibles", Comisión Nacional para el Ahorro de Energía-México. Abril de 2006

Reporte de actividades de la Secretaría de Energía (SENER) en materia de cambio climático. 2005-2006.

United Nations, Food and Agricultura Statistics Division, FAOSTAT.

<<http://faostat.foa.org/site/336/destoktopdefa<ault.aspx?pageID=336>>



## 3.16 NICARAGUA



En Nicaragua no existen barreras legales para la producción de agroenergía y biocombustibles. Si una empresa desea involucrarse en el negocio de los biocombustibles debe realizar un estudio de impacto ambiental, cumplir con los registros de ley y tener domicilio y residencia en Nicaragua. La relación entre productores agrícolas y procesadores la regula el mercado.

La industria moderna ha venido desarrollando con gran éxito la producción industrial de

combustibles, como el diésel, derivados de productos vegetales (como la palma africana y el tempate), así como de grasas animales.

Con un programa de producción de palma africana, Nicaragua apunta a resolver otros problemas no menos importantes, como el desempleo en el sector rural, de manera especial en la región del Caribe. También se considera que este programa juega un papel importante en el proceso de integración de las costas pacífica y caribe de Nicaragua. El bajo precio

**Cuadro 22.**

*Limitantes y oportunidades en Nicaragua*

Limitantes	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carencia de un marco regulador relacionado con el uso y el manejo de los biocombustibles y la agroenergía;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran interés de parte del Gobierno de Nicaragua en la producción de biocombustibles. El MAGFOR, la CNE y los Gobiernos Autónomos apoyan esta iniciativa liderada por el IICA-Nicaragua;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemática de la tenencia de la tierra, en especial en la región del Caribe, donde existe el mayor potencial de siembra de palma y tubérculos para la producción de biocombustibles;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay demanda de inversionistas para invertir en la siembra de palma y en la instalación de fábricas extractoras de aceite y productoras de diésel;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausencia de investigación y de centros de investigación para la agroenergía y biocombustibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La iniciativa cuenta con el apoyo de la cooperación internacional y del Banco Centroamericanos de Integración Económica (BCIE);</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha definido transparentemente el rol que jugará el petróleo de Venezuela y cuáles son los mecanismos para su uso y manejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Gobierno vislumbra esta actividad como una oportunidad para combatir la extrema pobreza.</li> </ul>

de la tierra y de la mano de obra en Nicaragua son un atractivo para la inversión extranjera en esta área.

Los principales actores involucrados en el tema de la agroenergía son, por parte del sector público: la Comisión Nacional de Energía, la Asamblea Nacional, el Ministerio Agropecuario Forestal (MAGFOR), el Ministerio de Fomento de Industria y Comercio (MIFIC), los Consejos Regionales y los Gobiernos de las Regiones Autónoma de la Costa del Caribe, el Consejo Étnico de la Región del Caribe y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). Por parte del sector privado participan: Palmares del Castillo, Kubra Hill, Ingenio San Antonio, Ingenio Santa Rosa, empresarios y productores.

Actualmente no se dispone un marco regulador para la producción de bioenergía y biocombustibles. Por iniciativa del IICA y del MAGFOR se cuenta con un proyecto de ley y con un decreto presidencial que fomentan la producción y el marco regulador.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

Actualmente Nicaragua tiene un área sembrada en caña de azúcar de 46.500 hectáreas, con un rendimiento de 101 toneladas por hectárea.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

El área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar se estima en 150.000 hectáreas.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

La producción total de azúcar en el país es de 4,3 millones de toneladas. El costo de una tonelada de caña azúcar es de US \$ 19,80 y de una tonelada de azúcar es de US\$ 13,00.

#### **d) Etanol: Producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

La producción de etanol se estima en 6.728 litros por hectárea y en 58 litros por tonelada de caña. El costo del etanol puesto en fábrica es de unos US\$ 0,248 por litro.

#### **e) Capacidad industrial instalada**

En Nicaragua hay cuatro ingenios con capacidad instalada de molienda de 34 mil TM de caña.

#### **f) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

En Nicaragua no existe un instituto de investigación para la producción de la caña de azúcar. Cada ingenio azucarero lleva a cabo sus investigaciones. También establecen alianzas estratégicas entre sí y con ingenios de otros países.



**g) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

No hay marco regulador para la mezcla de etanol. Existen iniciativas en revisión en la Asamblea Nacional.

**h) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El Gobierno de Nicaragua tiene interés en impulsar programas de producción y uso de etanol; esto se refleja en la visita a Brasil de los ministros agropecuario y forestal, y de energía y minas, en marzo del 2007.

El sector privado está interesado en impulsar un programa de producción de etanol por iniciativa propia. El ingenio San Antonio realizó la primera exportación de 3 millones de litros de etanol a Europa. Representantes del sector azucarero consideran que la producción de etanol en el país podría rondar los 20-30 millones de litros de alcohol al año.

**i) Consumo anual de gasolina**

En Nicaragua se consumen anualmente 1,6 millones de barriles a un costo total de US\$ 113,1 millones.

**BIBLIOGRAFÍA**

---

- Comisión Nacional de Productores de Azúcar (CNPA). Información de las capacidades de los ingenios de Nicaragua. Febrero de 2007.
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). Estadística. Enero de 2007.
- Sistema de Información Geográfico, 2006. Áreas potenciales de palma africana. MAGFOR, Nicaragua
- IICA. 2006. Propuesta de Plan Nacional de Biocombustibles. Presentación Power Point. Nicaragua.
- IICA 2007. Diagnóstico del municipio de Tortuguero y posibilidad de la siembra de palma africana. Nicaragua





## 3.17 PANAMÁ



El Gobierno Nacional está realizando los estudios correspondientes para determinar la viabilidad del uso del etanol anhidro y del biodiésel, como combustibles líquidos. Estos productos representan una oportunidad para el país, para disminuir la dependencia energética, reducir la contaminación ambiental, diversificar la canasta energética, promover la agricultura y la agroindustria, generar nuevas inversiones, nuevas fuentes de trabajo y promover cultivos alternativos rentables.

Tomando en consideración el consumo de diésel en Panamá, la presente administración analiza la posibilidad de producir biodiésel, a fin de utilizarlo en una mezcla al 5%. Para esta mezcla, se ha estimado una demanda aproximada de 9,5 millones de galones anuales de biodiésel.

La ley No. 45 del 4 de agosto de 2004 establece un régimen de incentivos para el fomento de sistemas de generación hidroeléctrica y otras fuentes de energía nuevas, renovables y limpias.

El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) ha elaborado el documento Política Nacional de Hidrocarburos y Energía Alternativa (2005), dentro del marco de la Ley No. 8 del 16 de junio de 1987. Entre los aspectos relevantes, esta política considera la necesidad de ser más eficiente en la producción y utilización de la energía; la explotación sostenible de los recursos naturales renovables, como la energía eólica y la solar; y el uso del etanol y biodiésel como combustibles.

Un estudio propone el pino caribeño como materia prima exclusiva y reconoce la posibilidad de explotar otros tipos de madera, hierbas y desechos vegetales para obtener etanol. También sugiere la generación eléctrica a partir de bioetanol, tanto para la operación de la planta como (en un plazo de años) para ser vendida a la red nacional o a los consumidores locales.

En el caso de Panamá, la posibilidad de producir biodiésel se lograría a base de cultivos de palma de aceite, por cuanto la producción nacional de palma de aceite ha tenido un gran éxito desde sus inicios.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

Actualmente la productividad agrícola de la agroindustria cañera panameña es de unas 56,8 toneladas de caña por hectárea, cifra inferior al promedio regional, de 75 toneladas por hectárea aproximadamente.

#### **b) Capacidad industrial instalada**

La industria de la caña de azúcar panameña es la más pequeña de Centroamérica; en el periodo 2003-2004, cuatro refinerías procesaron 2,56 millones de toneladas de caña y 153.700 toneladas de azúcar.

#### **c) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El Gobierno de Panamá está conduciendo un gran número

de estudios para poder acceder al potencial que ofrece la energía renovable (energía hidráulica, eólica, solar, aprovechamiento de la biomasa, etanol, biodiésel).

#### **d) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

La producción de etanol anhidro en el país podría realizarse a partir de diversos cultivos como la caña de azúcar, tubérculos, material celuloso y plantaciones forestales, dadas las condiciones climáticas favorables. En el caso del azúcar, se estima que, para cubrir el mercado local de etanol anhidro como carburante, en mezclas de hasta un 10%, se requerirían aproximadamente unos 15 millones de galones anuales para empezar. Esto significa el cultivo de más de 11.000 hectáreas de caña de azúcar, lo que podría generar más de 10 mil nuevos puestos de trabajo.

#### **e) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El Gobierno está llevando a cabo un proyecto piloto para implementar, en el 2008, el uso de mezclas de gasolina y etanol al 10%.

#### **f) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El país tiene una actividad limitada en la obtención de biocombustibles; por esto los productores y los inversionistas ven a Panamá como un centro de distribución para la exportación del combustible renovable.

En el Ministerio de Comercio e Industria se debate la posibilidad de impulsar el desarrollo de la industria doméstica y la conveniencia de importar etanol para refinar o reexportar. Además, se está conduciendo un análisis sobre las fuentes disponibles para la producción de biocombustibles y se trabaja en la identificación de un mecanismo apropiado e incentivos.

#### **g) Consumo anual de gasolina**

Luego del cierre de la refinería Colón en el 2003, el mercado de combustibles fue suplido por las importaciones, con un costo de \$492 millones en el 2002. El precio de los combustibles es regulado por los precios en Estados Unidos. Un gran porcentaje de la energía que utilizan los distintos sectores del país proviene de derivados del petróleo: generación de electricidad (18%), industria (27%) y transporte (43%).

## **BIBLIOGRAFÍA**

Ministerio de Industria y Comercio. Avances de Panamá en el uso de biocombustibles.

<http://www.olade.org/biocombustibles/documents/pdf-22-7%20panama.pdf>

Biocombustibles: Brasil y Panamá exploran inversiones. PROMEX. <http://promex.gob.pe/alertagim/05-06-06/is3050606.htm>





## 3.18 PARAGUAY



Un aspecto muy favorable para el desarrollo de la agroenergía y los biocombustibles es la cantidad de especies y variedades vegetales que, en el país, logran buenos rendimientos y pueden servir de base para la obtención de ese tipo de energía. Según estudios locales, el sésamo (ajonjolí), la soya, el tártago, el girasol, la canola y el maní son algunas de las especies con buen rendimiento para obtener el aceite que serviría de base para la elaboración del biodiésel. Por otra parte, se cuenta, además, con especies como la caña de azúcar, la mandioca, el maíz y el sorgo para la obtención de alcohol.

En el caso del alcohol, falta financiamiento, tanto para la producción de la materia prima, como para la industria. De igual forma, no se dispone de suficiente cantidad de materia prima para cubrir las necesidades del país, de azúcar y de alcohol, simultáneamente.

En relación con las políticas públicas para la promoción de biocombustibles, el Paraguay incentiva la mezcla de combustibles fósiles con etanol desde el año 1999 cuando instauró un marco legal orientador. La mezcla de alcohol en gasolina llega actualmente a un 18%. Existen, además, iniciativas para aumentar los incentivos fiscales.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

En Paraguay, la producción de caña de azúcar se ha mantenido relativamente constante en los últimos años. Durante el período 2005-2006, la

producción alcanzó los 3,2 millones de toneladas, 180.000 toneladas más que las obtenidas en el período anterior (2004-2005). El rendimiento de la última zafra ascendió 50 toneladas por hectárea.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

La caña de azúcar se considera como un cultivo de larga trayectoria en el país y, según el Programa Nacional de Caña de Azúcar (Ministerio de Agricultura y Ganadería), se cuenta con una superficie potencialmente cultivable de unas 450.000 hectáreas, en todo el territorio nacional. Su expansión y fortalecimiento dependen de que se den las condiciones de fomento principales como son: financiamiento, asistencia, organización y promoción.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

Según el Centro Azucarero Paraguayo, en el año 2006, la producción total de azúcar fue de 131.198 toneladas, con un promedio de 5 toneladas de azúcar por hectárea y de aproximadamente 92 kg de azúcar por cada tonelada de caña de azúcar molida.

Según informes del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el costo de producir una tonelada de caña es de US\$ 13,7 y de producir una de azúcar es de US\$ 427.

En cuanto al costo de producción de una hectárea, este es mayor el primer año de siembra (US\$ 1.142)



sobre todo por los costos de siembra y preparación del terreno. En los años siguientes el costo baja a US \$959,46.

#### **d) Mecanización e irrigación**

Aproximadamente el 35% de la superficie total cultivada con caña de azúcar se halla mecanizada. La mecanización incluye tanto maquinarias para la preparación del suelo como para la cosecha. Los ingenios azucareros son los principales dueños de esta maquinaria y la utilizan en cultivos propios y en cultivos de productores que suplen de caña sus ingenios.

La factibilidad de extender la mecanización a otras áreas cultivadas no mecanizadas y a áreas con potencial de cultivo dependería, por un lado, de cada ingenio azucarero, de su capacidad financiera y de la rentabilidad de dicha actividad, y, por otro, de las operaciones financieras o líneas de crédito a las que los cañicultores puedan acceder.

En cuanto a la producción de caña de azúcar con irrigación, según datos del MAG, el área irrigada asciende a apenas un 0,05% del total del área cultivada, lo que se debe en parte a los costos en que debe incurrir un productor para aplicar dicha tecnología.

La precipitación en los principales centros azucareros del país se encuentra entre los 1.600 y los 1.800 mm de lluvia.

#### **e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

En el año 2006, la producción total de etanol fue de 45.383.231 litros. El 96% de dicha producción fue generada por los seis principales ingenios productores de azúcar del país, en su orden: PETROPAR (40%), Azucareras San Luis S.A. (24%), Paraguaya S.A. (23%), Iturbe S.A. (6,7%), Guarambare S.A. (2%) y Friedmann S.A. (0,3%).

La producción aproximada de etanol por hectárea es de 3.750 litros. Cabe mencionar que hay ingenios que producen azúcar y alcohol como derivados de la melaza. En este caso, el rendimiento es de 15 litros de alcohol por tonelada de caña, y las destilerías que se dedican exclusivamente a la producción de alcohol, a partir del jugo verde, alcanzan una producción de 84 litros de etanol por tonelada de caña producida.

El país produce dos tipos de alcohol (absoluto e hidratado) cuyo costo de producción varía según cada tipo. El costo de producir un litro de alcohol absoluto o deshidratado es de US\$ 0,46. Este es un alcohol apto para mezclas con gasolina y para ser utilizado en todo tipo de motores nafteros o de ciclo Otto. Por su parte, el alcohol hidratado, apto para ser utilizado sin mezcla alguna en motores de ciclo Otto que estén diseñados especialmente para su uso, tiene un costo de producción cercano a los US\$ 0,30 por litro.

En promedio, una planta nueva cuesta US \$50 por tonelada de caña molida por año, para plantas de 1.000.000 de toneladas año de capacidad mínima.

En el siguiente cuadro se describen brevemente los costos de una industria de etanol (cuadro 23).

**Cuadro 23.**

*Costos de producción en la industria de etanol*

Descripción	Cantidad
Costo de la tierra	200-1.000 US\$/ha
Rendimiento industrial	72-80 l/t caña molida
Precio promedio de caña de azúcar	13,7 US\$/litro
Precio local del etanol	0,70 US\$/litro
Costo de producción (estimado)	0,30 US\$/litro
Margen (estimado)	0,40 US\$/litro

Fuente: Guillermo Parra Romero, REDIEX, 2006.

#### f) Capacidad industrial instalada

En Paraguay existen diez plantas procesadoras de caña de azúcar, cuya capacidad de molienda sumada es superior a la disponibilidad de materia prima. Hasta el 2006, la capacidad de molienda de dichas plantas era de 16.550 toneladas de caña por día, pero a partir de 2007 se presentó una variación porcentual del 175%, pues se pasó a producir 29.050 toneladas de caña por día (aproximadamente 10.603.250 toneladas por año).

#### g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol

Actualmente, la investigación respecto de la cadena de azúcar está orientada sobre todo al mejoramiento productivo

de la caña de azúcar, y en este campo el Ministerio de Agricultura y Ganadería, por medio del Departamento de caña de azúcar, tiene a su cargo, entre otras, las funciones de investigación de variedades nuevas, de llevar a cabo prácticas de adaptación de variedades al territorio nacional y prácticas de producción, y de investigación genética.

Además, el MAG es la principal institución nacional que impulsa la investigación, a través de dos Direcciones: la Dirección de Investigación Agrícola (DIA), encargada de investigar y generar conocimiento y tecnología agraria que contribuya a la solución de problemas ambientales, sociales y económicos asociados a las cadenas agroalimentarias y agroproductivas relevantes del sector agrícola del





país; y la Dirección de Investigación y Producción Animal (DIPA).

Por otro lado, algunos ingenios azucareros realizan sus propias investigaciones en cuanto a genética, nuevas variedades, técnicas de producción, tecnologías, maquinarias y procesos productivos, tanto del cultivo del azúcar como de la obtención del etanol.

Los cañicultores de Guairá y Caazapá cuentan, además, con la posibilidad de adquirir, del Campo Experimental de Caña de Azúcar de Natalicio Talavera, del ingenio Azucarero de Iturbe y de la Cooperativa Yegros Ltda., entre otros, materiales propagativos de buena calidad y gran pureza genética de las variedades de caña de azúcar más recomendadas.

#### h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol

Además de tener la posibilidad de producir etanol a partir de caña de

azúcar, Paraguay dispone de productos como el maíz, la mandioca, el arroz y el sorgo, que también tienen un gran potencial para la producción de alcohol.

El maíz y la mandioca son rubros agropecuarios de gran importancia en la historia del país; el primero es producido tanto por pequeños productores como por grandes empresarios, y el segundo es uno de los productos de consumo interno más importantes del país, por lo que su producción está ampliamente difundida.

En la campaña agrícola 2005-2006, la superficie sembrada de maíz (cuadro 24), generó, en el primer trimestre del año, un incremento de un 33% en la producción, al introducirse una nueva variedad (maíz zafriña). La mandioca, por su parte, ha demostrado una mayor incursión en la agroindustria, principalmente por la influencia de las industrias procesadoras de almidón y por las exportaciones ocasionales al Brasil.

**Cuadro 24.**

#### *Productos sustitutos en Paraguay*

Productos sustitutos para la producción de etanol: área, producción y rendimiento						
Período cosecha	Maíz			Mandioca		
	Área cultivada (t)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Área cultivada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
2000-2001	406.365	947.167	2,33	243.075	3.586.005	15
2001-2002	382.737	931.720	2,43	235.484	4.008.171	17
2002-2003	382.736	931.722	1,43	284.383	4.668.804	16
2003-2004	440.000	1.120.000	2,55	306.000	5.500.000	18
2004-2005	400.000	830.000	2,08	290.000	4.785.000	17

Fuente: DGP/MAG.2006

### i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina

Desde el año 1999, gracias al establecimiento de un marco legal orientador se viene incentivando en todo el país la mezcla de combustibles fósiles con etanol. Existen cuatro decretos y quince resoluciones que norman la mezcla de alcohol en gasolina, que actualmente es de hasta un 18%. Actualmente se encuentran en discusión iniciativas para aumentar los incentivos fiscales. Las siguientes son las normativas más importantes expedidas en Paraguay:

- Decreto No. 2.162. Por el cual se establece la mezcla de etanol absoluto con las gasolinas a ser comercializadas en el territorio de la República y otras medidas para esta finalidad.
- Decreto No. 2.266. Por el cual se modifica el artículo 1° del decreto No. 2.162/99.
- Decreto No. 2.748. De la promoción de los biocombustibles.
- Resolución No. 695. Por lo cual se modifica temporalmente el artículo 1° de la Resolución No. 153/99, y se establece al 16% el porcentaje de mezcla del etanol absoluto con las gasolinas.
- Resolución No. 248. Por lo cual se reglamenta el artículo 14° del decreto No. 7412106, y se establece el porcentaje de mezclas del etanol absoluto con las gasolinas de 85 y 95 octanos.
- Decreto No. 7412. Por el cual se reglamenta la Ley No. 2.748/05. De fomento de los biocombustibles.

### j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol

A partir de la promulgación de la Ley de Fomento de los Biocombustibles, el sector privado ha llevado adelante, aunque de manera incipiente, iniciativas en favor de la producción de biocombustibles.

A finales de diciembre de 2006, el Plan Nacional de Exportación formó la Mesa Sectorial de Biocombustibles de la Red de Importaciones y Exportaciones (REDIEX). Esta mesa tiene como funciones integrar a las instituciones públicas y privadas relacionadas con el sector y a las universidades, a fin de concentrar esfuerzos para mejorar la competitividad de dicho sector.

El Ministerio de Industria y Comercio cuenta además con una Dirección General de Combustibles, que depende de la Subsecretaría de Estado de Comercio y que tiene como funciones específicas:

- Construir el órgano encargado de administrar y dar seguimiento a los instrumentos de política comercial en materia de combustibles y sus derivados.
- Coordinar con los demás organismos técnicos del Ministerio de Industria y Comercio, así como de otras instituciones gubernamentales competentes, el programa interinstitucional de control y fiscalización de cumplimiento de las normativas vigentes, relacionadas con los productos derivados del petróleo, a fin de garantizar la calidad del producto que se comercializa en el mercado nacional.



- Llevar a cabo los análisis, estudios, dictámenes y consultas que sean necesarios para actualizar las normativas vigentes, a efectos de adecuarlas a las nuevas exigencias del mercado y para el cabal cumplimiento de las funciones allí establecidas.
- Canalizar, a través de los mecanismos apropiados, las solicitudes, requerimientos, inquietudes o problemas presentados por el sector privado o público en relación con la ejecución de política de comercio en el área de los combustibles y sus derivados.
- Producción y uso de biodiésel, a través de aceites vegetales de tártago, coco, colza, maní, soja, etc.

Cabe mencionar que, si bien el MAG realiza grandes esfuerzos por fomentar cultivos como la caña de azúcar, estos no son suficientes para impulsar la cadena productiva del etanol en su conjunto. La alianza público-privada que se conformó en el ámbito de la REDIEX se perfila como un esfuerzo estatal significativo para fortalecer la integración interinstitucional y mejorar, así, la competitividad de los diferentes eslabones de dicha cadena.

Por su parte, el Senado de la Nación ha presentado un Programa de Combustibles Alternativos cuyo objetivo es el de implementar un programa de combustibles alternativos al combustible fósil. Dicho programa tiene dos componentes:

- Producción y uso de alcohol vegetal, a través de la caña de azúcar y la mandioca.

#### **k) Consumo anual de gasolina**

Paraguay gasta alrededor de 300 millones de dólares al año en la importación de combustible fósil. En el año 2005 el volumen total de consumo de combustibles (gasolina+diésel) fue de 1.170.616.369 m<sup>3</sup>, de los cuales el 80% corresponde al diésel. El 100% de la gasolina que se consume en el país es importada, ya que el país no tiene depósitos naturales de petróleo.



## 3.19 PERÚ



El Perú es un país “megadiverso”, que ofrece una gran variedad de productos que pueden utilizarse para la producción de biocombustibles. Las zonas tropicales son propicias para la producción de biodiésel a un bajo costo, debido a los factores climatológicos y al menor costo de la tierra y de la mano de obra; ese es el caso de la Amazonía peruana, que puede alcanzar rendimientos de 4500 litros por hectárea de palma aceitera africana.

El consumo del diésel ha pasado de 32.700 barriles por día en 1990, a 63.700 por día en el 2004 y, a pesar de la entrada del gas natural, se estima que la demanda superará los 89 mil barriles por día en el 2014.

#### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

La caña de azúcar en el Perú se cultiva en la costa, en la selva y en los valles interandinos. Sin embargo, es en la costa donde se localiza la mayor parte del área sembrada, debido a que presenta condiciones climáticas y edáficas únicas, que permiten sembrar y cosechar durante todo el año y obtener rendimientos excepcionales.

La producción no tiene una estacionalidad definida; por tanto, la siembra y la cosecha se realizan durante todo el año, lo que permite que los ingenios azucareros estén abastecidos permanentemente de caña.

En el año 2006, la superficie sembrada de caña de azúcar en el Perú fue de 66.162 hectáreas. El 36% del total de

la superficie sembrada pertenece a productores independientes. Según la Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles (APPAB), el rendimiento nacional, en ese mismo año, fue de 110 t/h, y la producción alcanzó las 7.251 toneladas.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Para alcanzar una producción que pueda sustituir todo el combustible fósil que utiliza el país sería necesario contar con 200.000 hectáreas adicionales de caña aproximadamente, para producir 1.200.000 galones de etanol por día.

En el país hay dos áreas que son las más aptas para el cultivo de la caña de azúcar: la costa, que tiene grandes extensiones de tierra disponibles para la siembra de caña de azúcar, pero limitaciones relacionadas con el recurso hídrico, y la selva, que cuenta con grandes extensiones de tierra que pueden aprovecharse para la siembra de caña de azúcar, lluvias estacionales marcadas, suelos adecuados y agua suficiente proveniente de los ríos, pero donde no existe la cultura de sembrar este producto y las lluvias fuera de época pueden hacer que el contenido de sacarosa de la caña sea bajo.

De manera que para incursionar en áreas con potencial para el cultivo de la caña de azúcar, tanto para el consumo humano como para la producción de etanol, habría que ampliar la frontera agrícola a terrenos eriazos o sustituir unos cultivos por otros, en este caso por caña de azúcar.

### c) Azúcar: producción, rendimiento y costos

La caña de azúcar se cultiva en cinco departamentos pero aproximadamente el 79% de los cultivos están en la costa norte. En el 2005 la producción nacional de caña de azúcar fue de 6.304 miles de toneladas, un 9,2% menos que el año anterior. La Libertad destaca como el primer productor de caña de azúcar del país, con 2.889 miles de toneladas métricas, es el segundo mayor productor.

El sector azucarero en el Perú tiene una gran incidencia económica y social en los valles y pueblos de la costa que dependen casi exclusivamente de la producción azucarera.

La producción de azúcar comercial durante el 2004 fue de 305.292 toneladas. Según la APPAB, actualmente la producción de azúcar es de 803 mil toneladas y alcanza un rendimiento de 12,2 toneladas de azúcar por hectárea de caña.

El costo de producir una tonelada de caña en el Perú se estima en US\$ 32,2 con tecnología media, y de US \$17,6 con tecnología tecnificada y riego.

### d) Mecanización e irrigación

La mecanización del cultivo de la caña de azúcar se observa en la fase de preparación de suelos. La fase de cosecha se realiza de forma manual porque la máquina maltrata las plantas y en consecuencia el rendimiento

es bajo en la cosecha siguiente. La cosecha manual genera empleo tanto en las empresas con ingenio como en las empresas sin ingenio y entre los sembradores.

El principal problema que enfrentaría la extensión de las áreas de cultivo a otras zonas del Perú es el factor hídrico. El cultivo de caña demanda una cantidad elevada de agua para su producción, así que para poder ampliar la siembra y asegurar una producción sostenible habría que contar con sistemas de riego y para esto habría que contar, a su vez, con financiamiento, público o privado.

La mayoría de las empresas y sembradores que aplican el riego regulado están en Lambayeque. Las empresas y los sembradores de los valles de Chicama, Nepeña, Huaura y Tambo se surten del agua de ríos cuyas cuencas están en la región de la sierra (el período de lluvias inicia en diciembre y termina en marzo). Cuando hay escasez de agua, las empresas riegan con agua del subsuelo.

La región costera es extremadamente seca, con precipitaciones anuales inferiores a 40 mm, desde Chimbote hasta Tacna y de 400 mm en el extremo norte. A pesar de su aridez, algunas partes de la costa reciben suficiente humedad de las nieblas invernales (garúa) para desarrollar vegetación y son aptas para el cultivo de la caña de azúcar. En la sierra, la latitud, la altitud, la presencia de vientos locales y el efecto pantalla de la cordillera dan lugar a diferentes condiciones climáticas.



En general, las temperaturas decrecen al aumentar la altitud, mientras que la precipitación lo hace de norte a sur y de este a oeste. En la estación húmeda (diciembre-marzo), las precipitaciones más altas se dan en el norte y en el flanco este de la cordillera. Las temperaturas varían poco estacionalmente y muestran una oscilación térmica diaria (hasta 22°C en un solo día) mucho mayor que la estacional. La selva o montaña presenta un clima tropical cálido y húmedo, con precipitaciones

durante todo el año, aunque con mayor intensidad entre diciembre y enero, y con una oscilación térmica estacional muy pequeña.

#### e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos

Como referencia, y según los datos preliminares disponibles, se tendrían las siguientes estimaciones:

**Cuadro 25.**

<i>Costos de producción de etanol en Perú</i>	
Materia prima requerida (t de caña/m <sup>3</sup> de etanol)	14,29
Precio de caña puesta en ingenio (US\$/t)	15
Costo de materia prima (US\$/m <sup>3</sup> de etanol)	214,35
Costos de proceso (US\$/m <sup>3</sup> de etanol)	54
Costo total (US\$/m <sup>3</sup> )	266,35
<b>Costo total (US\$/galón)</b>	<b>1,02</b>

Fuente: CONAM

Como se aprecia, el costo de la materia prima tiene una alta incidencia en el costo total del producto, y su costo final se estima en US\$ 1,02 por galón, o sea, US \$0,27 por litro.

#### f) Capacidad industrial instalada

En Perú hay diez empresas azucareras situadas en la costa, con una superficie total de 110.827 hectáreas y una superficie sembrada de 74.285

hectáreas. En la actualidad, la industria azucarera, cuenta con una capacidad máxima de molienda de 37.300 toneladas de caña diaria.

El ingenio azucarero San Jacinto cuenta con importantes innovaciones tecnológicas, como el uso del riego por goteo de baja presión, el programa de maduración química que permite regular el crecimiento de la caña de azúcar, pues acelera la concentración de sacarosa y hace que el punto de



mayor acumulación en la planta se logre con mayor rapidez, y un nuevo centro de control de motores, entre otros.

**Cuadro 26.**

*Capacidad de las empresas azucareras del Perú*

Capacidad instalada de las empresas azucareras 2004				
Empresa	Superficie total (ha)	Superficie sembrada (ha)	Capacidad de molienda (t/día)	Capacidad de molienda actual (t/día)
Casa Grande	29.394	12.000	9.000	4.000
Laredo	5.080	4.687	2.000	1.500
Cartavio	6.566	6.254	5.000	2.500
Pomalca	15.819	12.495	3.500	2.000
Pucalá	8.530	6.866	3.500	2.000
Tumán	12.311	8.200	4.000	2.200
San Jacinto	10.422	7.231	2.800	2.000
Paramonga	8.396	6.566	3.500	2.800
Andahuasi	4.617	2.705	1.000	(-)
Chucarapi	1.794	1.256	500	369
<b>Total</b>	<b>110.827</b>	<b>74.285</b>	<b>37.300</b>	<b>20.653</b>

Fuente: Adaptado de: USDA Foreign Agricultural Service 2004

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

En la actualidad, las empresas realizan investigaciones directas, con asesoría de expertos internacionales, especialmente las empresas con socios estratégicos (Laredo y Cartavio). Las

principales instituciones que trabajan en la investigación para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol son:

- **Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles (APPAB):** Está constituida por los diez ingenios azucareros del Perú.



Esta institución privada elabora estudios de investigación en temas como la producción de caña de azúcar y biocombustibles, y además monitorea, a través de informes de situación y perspectivas, los diez ingenios azucareros y la situación actual de la producción de caña de azúcar en el Perú. Asimismo, está realizando estudios sobre la producción de etanol como alternativa a los combustibles fósiles.

- **Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAM):** Autoridad ambiental nacional. Tiene por finalidad planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la nación. El CONAM cuenta con programas nacionales en biodiversidad, bioseguridad y biocombustibles, entre otros.
- **Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM):** El Laboratorio de Energías Renovables (LER) es una unidad académica, de investigación y servicios del Departamento de Construcciones Rurales, Facultad de Ingeniería Agrícola. Sus acciones están orientadas sobre todo a la investigación aplicada de las diferentes energías no convencionales y a su difusión como una alternativa no contaminante, esencialmente al servicio del sector rural.
- **Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA):** Tiene como objetivo generar tecnologías que conduzcan al manejo integrado

de los cultivos de interés, con el fin de optimizar la calidad del producto que pide el mercado y en condiciones de la máxima rentabilidad posible. Sus estrategias de acción se basan, principalmente, en el desarrollo de tecnologías enfocadas al incremento de la productividad y la reducción de los costos de producción. En tal sentido, se busca poner a disposición del productor variedades adecuadas, así como, técnicas de manejo agronómico y de post-cosecha. Una de las áreas a las que se les pone especial interés es al manejo integrado de plagas y enfermedades.

#### **h) Disponibilidad de cultivos sustitutos para la producción de etanol**

La producción de etanol anhidro en el país podría realizarse a partir de la caña de azúcar y del sorgo dulce, dadas las condiciones edafoclimáticas favorables, tanto en la costa norte como en la selva alta del país. El maíz amarillo duro también puede tomarse en consideración, debido a que crece bien en la costa y en la selva peruanas; desde el punto de genético es uno de los cultivos que presenta más variabilidad y por ende se han desarrollado híbridos, prácticamente para cada región.

A continuación se presentan un cuadro con los principales parámetros de producción y de conversión de la caña de azúcar, aspectos importantes para la producción de etanol.

Asimismo, se presenta un cuadro comparativo que muestra la producción, la superficie cosechada y el rendimiento del maíz duro, el maíz amiláceo y el sorgo, productos que podrían emplearse en la producción de etanol.

**Cuadro 27.****Datos históricos y actuales de la producción de caña de azúcar en el Perú**

Indicadores	1995	2003	2004	2005	2006
Superficie cosechada (ha)	59,594	77,720	70,851	61,547	66,162
Producción de caña (miles de t)	6,325	8,886	6,947	6,370	7,251
Rendimiento de caña (t/ha)	106	114	98	102	110
Producción de azúcar (miles de t)	641	955	747	694	805
Exportación (miles de t)	65	61	41	32	108
Exportación (miles de US\$ FOB)	29,986	19,190	14,575	12,719	42,978
Importación (miles de t)	239	11	181	213	212
Importación (miles de US\$ CIF)	90,600	2,962	50,055	63,998	93,384

Fuente: MINAG

**Cuadro 28.****Perú: área, producción y rendimiento de productos agropecuarios potenciales para la producción de etanol (2000 - 2005)**

Producto	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>PRODUCCIÓN</b>						
Maíz duro	959,7	1.062,5	1.036,9	1.098,6	962,7	998,8
Maíz amilacio	281,1	253,3	252,8	259,7	218,1	243,8
Sorgo	0,5	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1
<b>SUPERFICIE COSECHADA</b>						
Maíz duro	269,8	286,0	269,4	280,3	257,9	276,7
Maíz amilacio	244,8	218,2	212,1	207,2	180,2	197,4
Sorgo	2,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
<b>RENDIMIENTO</b>						
Maíz duro	3,6	3,7	3,8	3,9	3,7	3,6
Maíz amilacio	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2
Sorgo	0,2	1,0	2,0	2,5	2,8	2,9

Fuente: Ministerio de Agricultura.



**i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

El 31 de marzo de 2005 se aprobó el Reglamento de Ley No. 28054, de promoción de biocombustibles, que señala que el porcentaje de alcohol carburante en las gasolinas que se comercialicen en el país será de 7,8%.

El mismo reglamento advierte que las gasolinas ecológicas (mezcla de gasolina y alcohol carburante) serán producidas y comercializadas en las regiones de la costa, desde Piura hasta Lima; a partir del 1 de enero de 2008 en la selva, y a partir del 1 de enero de 2010, en todo el país.

Asimismo, la Ley de promoción de biocombustibles establece el funcionamiento del Programa de promoción de uso de biocombustibles (Probiocom), conformado por varias instituciones del sector público y que busca establecer lineamientos y grupos de trabajo.

**j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

El Gobierno busca promover la producción de biocombustibles en el

Perú y actualmente debate sobre los incentivos que deben implementarse para desarrollar su producción y garantizar el abastecimiento del mercado local. También se está formulando el Plan Nacional de Desarrollo de la Industria Azucarera, a través de una Comisión Multisectorial, y se han emitido normas de protección patrimonial para las empresas que hasta la fecha no cuentan con un socio estratégico y normas sobre la producción de biocombustibles.

El sector privado, por su parte, viene ampliando la frontera agrícola y hay nuevos inversionistas que están adquiriendo tierras para producir etanol. En la región de Piura, dos empresas adquirieron cerca de 13.000 hectáreas. El grupo Romero y el grupo Maple comprometieron, cada uno, 100 millones de dólares de inversión. El grupo Gerco ya construyó una planta y está negociando la adquisición de nuevos terrenos.

**k) Consumo anual de gasolina**

En el 2006, el consumo de gasolina del Perú fue de 1.416 millones de m<sup>3</sup>. De este valor, solo el 1,77% fue importado.

**BIBLIOGRAFÍA**

---

PROMPEX. Los riesgos del boom de los biocombustibles. Notas especiales. 19 de setiembre de 2006.

ITDG. Perfil del proyecto: planta piloto de producción de biodiésel a partir de aceites y grasas comestibles residuales para la reducción de emisiones vehiculares. Setiembre de 2004.

José Calle, Javier Coello y Paula Castro. Opciones para la producción de biodiésel en el Perú. Lima 2005.

Portal de asuntos públicos de la PUCP (PALESTRA). Tecnología y valor agregado en el desarrollo rural. Lima, noviembre de 2006.

El Peruano. Perú inicia era del etanol como biocombustible. Lima, noviembre de 2006.

Javier Coello, Liliana Castillo, Paula Castro, José Luis Calle, Susana Sevilla, Fernando Acosta, Gabriela Sologuren, Abigail Canturín y Carolina Vidal. Evaluación de opciones para la producción de biodiésel a pequeña escala en el Perú. Lima, agosto de 2006.

Proyecto de Ley N° 28054. Ley de promoción del mercado de biocombustibles.





## 3.20 REPÚBLICA DOMINICANA



República Dominicana posee en la industria del azúcar un amplio potencial para desarrollar la producción de etanol y biodiésel y satisfacer así sus necesidades energéticas. Hasta podría incursionar en el mercado internacional y mejorar, de esta manera, sus cuentas en la balanza comercial, donde la importación de biocombustibles ejerce un peso importante.

Con respecto al desarrollo rural, si surgieran oportunidades de mercado que permitieran darle un nuevo impulso a la industria azucarera dominicana, esto repercutiría en mejores condiciones de vida para los habitantes de las zonas rurales, sobre todo para los trabajadores haitianos que forman parte de la mano de obra que estaría dispuesta a trabajar en estos proyectos. La creación y aprovechamiento de estas oportunidades de mercado, sin embargo, pasa por crear conciencia en la población sobre el beneficio de usar biocombustibles y por emprender la necesaria modernización de la industria azucarera.

#### **a) Cultivos de caña de azúcar: área sembrada y rendimiento actual**

El país cuenta con 350.000 hectáreas de caña de azúcar, que corresponden al 22% de su frontera agrícola. El rendimiento promedio de la caña de azúcar en los años de la presente década ha oscilado entre 37 y 40 toneladas por hectárea.

#### **b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar**

Se estima que, dentro de la frontera cañera, se pueden destinar cerca de 200.000 hectáreas a la producción de caña para biocombustibles, sin afectar la frontera de cultivos destinados a la producción de alimentos.

#### **c) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

El país produce alrededor de 464.000 toneladas de azúcar, de las cuales un 40% se destina a la exportación. El rendimiento medio es de de 1,3 toneladas por hectárea.

#### **d) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

Actualmente no hay producción de etanol.

#### **e) Capacidad industrial instalada**

Las refinерías de azúcar que funcionan actualmente en el país aparecen en el cuadro 29 y en total tienen una capacidad de molienda de 43.795 toneladas.

#### **f) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

La legislación sobre combustibles renovables en República Dominicana data de la década de los cuarenta





**Cuadro 29.****República Dominicana. Capacidad de la industria azucarera**

Central	Capacidad (t/día)
Consuelo	4.537
Cristóbal Colón	10.889
CAEI	2.269
Boca Chica	3.630
Central Romana	15.426
Montellano	2.507
Barahona	4.537
<b>Total</b>	<b>43.795</b>

Fuente: Industria azucarera dominicana citado por BID. *A Blueprint for Green Energy in the Americas.*

pero no tuvo efectos concretos sino hasta los años 2000 y 2001, cuando se expidieron la ley 112 del 2000 para hidrocarburos, la ley 125 del 2001 para electricidad, que creó incentivos para el uso de energías renovables, y el decreto 557 del 2002, que regula la generación de energía en las plantas

de producción de azúcar. Finalmente, en el 2002 se expidió el decreto 732, que creó incentivos específicos para la producción de etanol.

En el 2005 se sometió al parlamento un Proyecto de Ley para el Desarrollo de Fuentes de Energía Renovable y su Régimen Especial que señala algunos incentivos más concretos, entre ellos: la exención de impuesto, al 100%, para la importación de maquinaria, equipo y accesorios, permiso para transferir el 50% de las inversiones hechas en el consumo interno de energías renovables al impuesto a la renta y garantía de mercado para las energías renovables.

**g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

La Universidad Autónoma de Santo Domingo y la Universidad Instituto de Tecnología en Santo Domingo tienen programas de investigación vinculados a distintos aspectos del desarrollo de las energías renovables.

## BIBLIOGRAFÍA

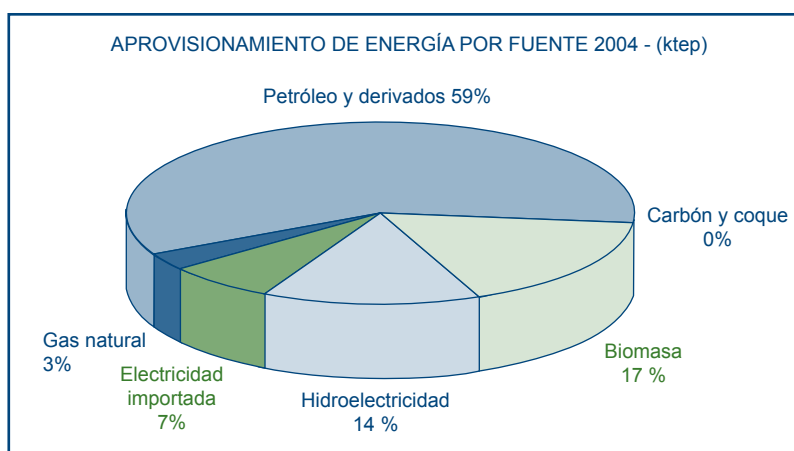
Garten Rothkopf, 2007. *A Blueprint for Green Energy in the Americas. Strategic Analysis of Opportunities for Brazil and the Hemisphere.* Featuring: *The Global Biofuels Outlook 2007.* Inter-American Development Bank.



## 3.21 URUGUAY



En los “Lineamientos de estrategia energética-Uruguay 2006” del 18 de agosto de 2006, de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear, se identifica como objetivo y línea de acción el “Avance significativo en la incorporación de fuentes alternativas de energía (en especial biocombustibles)”.



Fuente: Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear, MIEM.

En el 2005 se creó la Comisión Interministerial de Biocarburantes integrada por representantes del estado y de ANCAP, con el cometido de asesorar a las autoridades acerca del marco de políticas públicas relativas a la producción y uso de biocombustibles.

Los dos grandes factores que han puesto el tema de la agroenergía en el tapete de las discusiones nacionales han sido, por un lado, la evolución mundial del precio del petróleo y

su proyectada extinción y por otro lado, la alta dependencia a este combustible que el país tiene debido a su participación en la matriz energética nacional.

En la gráfica se observa la estructura de la oferta energética nacional para el año 2004. En ella se destaca la importancia de los hidrocarburos: petróleo y derivados (59%) y gas natural (3%) y de la electricidad importada (7%) dejando de manifiesto la dependencia respecto de los combustibles fósiles.

En materia de marco normativo, la ley 17.567 del 2002<sup>18</sup> consagra el interés nacional en la producción de combustibles alternativos, renovables y sustitutivos de los derivados del petróleo, elaborados con materia nacional de origen animal o vegetal. En el marco de la formulación de nuevas políticas energéticas tendientes a la producción de combustibles a partir de recursos naturales renovables, se comenzó a analizar la viabilidad de la producción de alcohol carburante a partir de caña de azúcar.

Existen actualmente tres plantas de biodiésel con una capacidad instalada de más de 3.200.000 litros anuales. Una, en Paysandú, que trabaja a partir de aceite de girasol y tiene una capacidad de 200.000 litros por año, y dos plantas ubicadas en Montevideo; una que usa aceite de frituras usado y la otra, sebo vacuno. La primera es pequeña. La segunda tiene una capacidad de procesamiento mayor a los 3.000.000 litros mensuales.

Actualmente se está implementando en la zona de Bella Unión, Departamento de Artigas, un proyecto para la elaboración de azúcar y etanol. Además, se prevé una inversión de siete u ocho millones de dólares para instalar, contiguo a la refinería de azúcar, una destilería para poder producir alcohol a partir de la zafra del 2007. Se estima que la destilería tendrá capacidad para producir 120 metros cúbicos diarios de alcohol, con lo

que, al 2010 se podrá sustituir hasta un 5% del volumen de consumo de gasolina del país.

La oferta nacional de aceites vegetales, materia prima básica del biodiésel, resulta escasa. Entre el 40 y el 60% de la demanda doméstica de aceites se abastece de productos importados, y en 2004 alcanzó un volumen de 18.500 toneladas, entre aceite crudo y refinado, frente a un consumo interno del orden de 30.000 toneladas. De ello resulta un mercado doméstico de aceite con precios orientados por la paridad de la importación, caros para ser materia prima de la producción de biodiésel.

Los altos precios que hoy presenta la caña de azúcar por la evolución del mercado internacional del azúcar (consecuencia del creciente destino de la caña a la producción de alcohol) hacen que su costo (el costo de la producción de alcohol carburante) sea igual o superior al de la producción de gasolina, comparados ambos en iguales condiciones.

### **a) Cultivos de caña: área sembrada y rendimiento actual**

De acuerdo con la última información publicada por la FAO, en el 2005 se sembraron 3.300 hectáreas de caña de azúcar. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGP), señaló, para ese mismo año, una cosecha de 3.100 hectáreas.

<sup>18</sup> [http://www.dnetn.gub.uy/documentos/archivos/683\\_1.pdf](http://www.dnetn.gub.uy/documentos/archivos/683_1.pdf)



Según datos del Anuario 2006 de OPYPA<sup>19</sup>, en el 2005 el rendimiento alcanzó los 55.541 kg/ha, un 15% mayor al rendimiento obtenido el año anterior. A continuación se presenta un cuadro que permite visualizar la evolución en los rendimientos obtenidos:

**Cuadro 30.**

**Rendimiento de caña de azúcar 1996-2005**

Año de cosecha <sup>1</sup>	Rendimiento (kg/ha)
1996	51.281
1997	62.050
1998	53.945
1999	49.340
2000	54.360
2001	61.797
2002	60.563
2003	40.473
2004	48.311
2005	55.541

<sup>1</sup> La cosecha se desarrolla entre julio y setiembre de cada año y es lo que se denomina la zafra. El año o ejercicio azucarero es el período comprendido entre el 1° de mayo y el 30 de abril del año siguiente.

Fuente: Elaborado por DIEA con base en información de ALUR (Alcoholes del Uruguay SA).

Asimismo, se entiende que, con una aplicación adecuada del paquete de manejo actual, se puede obtener una productividad de 7.000 kg de azúcar por hectárea de forma estable<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> "Producción de azúcar" Ing. Agr. Eduardo Errea y Ec. Mayid Sáder Neffa. Anuario 2006 OPYPA/MGAP.

<sup>20</sup> Información brindada por el Ing. Agr. Darío Oxandabarat de ALUR SA.

<sup>21</sup> "Producción de azúcar" Ing. Agr. Eduardo Errea y Ec. Mayid Sáder Neffa. Anuario 2006 OPYPA/MGAP.

## b) Área con potencial para el cultivo de la caña de azúcar

Las condiciones más propicias para el desarrollo de la caña de azúcar se dan en la región norte, en el Departamento de Artigas y en la zona norte del Salto. Una de las industrias más importantes del país, Alcoholes del Uruguay, S.A. (ALUR), proyecta expandir la superficie sembrada de caña de azúcar a 10.000 hectáreas, meta que se encuentra sujeta a la disponibilidad de riego y a la distancia al ingenio (costos de los fletes).

## c) Azúcar: producción, rendimiento y costos

Según el Anuario 2006 de OPYPA<sup>21</sup>, la producción de azúcar, a partir de materia prima nacional, de la cosecha 2005, alcanzó las 19.820 toneladas, lo que representa un incremento del 18,6% con respecto a la zafra del año anterior y la sitúa como la segunda más alta de la década. Este nivel de producción se explicaría por los mejores rendimientos alcanzados en la fase agrícola y por el alto contenido de azúcar de la materia prima que se entregó al ingenio, que en promedio rondaba el 11,5%.

Se estima que la producción de azúcar del año azucarero 2006-2007 (cosecha 2006) alcanzará las 16 mil toneladas (15% menos que la zafra anterior) no por una menor producción de caña, sino porque una parte se destinará a ser

usada como semilla. ANCAP instaló, en la zona de Belén, un semillero de 140 hectáreas de plantaciones de “caña semilla”, bajo la supervisión de ALUR, para mejorar las variedades de caña de la zona<sup>22</sup>.

La caña de azúcar tiene la particularidad de que lo que se planta no es semilla verdadera sino la propia caña, que también es materia prima para la elaboración de azúcar o alcohol. Por lo tanto, el uso de caña para las plantaciones afecta en parte la disponibilidad de materia prima. Una hectárea de cultivo destinada a semilla rinde entre 7 y 10 hectáreas plantadas<sup>23</sup>.

De todos modos, se puede decir que la disponibilidad de “caña semilla” no es limitante para un aumento rápido del área cultivada. En la plantación de otoño (que en realidad va desde fines de enero hasta marzo) se puede dejar algo de caña en pie con ese fin y también se puede prolongar un poco la fecha de siembra (hasta abril, por ejemplo) si lo que se quiere priorizar es el aumento del área antes que la alta productividad de la primera cosecha.

En cualquier caso, dado que el uso como semillasignificapara el productor entregar menos caña al ingenio, una siembra anormalmente alta o la dedicación de áreas específicas a su uso como proveedoras de “caña semilla” implica la necesidad de reconocer el valor comercial para quien la produce y la necesidad de acreditárselo.

El reconocimiento del valor de la “caña semilla” (tanto la que podría quedar en pie ahora, como la que se plante en el verano y otoño) es fundamental en ese sentido.

A su vez, se prevé que para la producción de 2007 la cosecha va a ser de 150 días, el doble de tiempo de lo que fue la cosecha anterior.

Por el lado de los costos, se estima que el costo de producir 60 toneladas de caña equivale, aproximadamente, a US\$1.640, es decir, a US\$27,3 por tonelada, en promedio.

#### d) Mecanización e irrigación

La cosecha de caña en Bella Unión se define como “semi-mecanizada”, ya que el corte es manual pero la carga, en la mayor parte de los casos, es mecanizada. Lo que la singulariza con respecto a la cosecha de caña de otros países es que, por las condiciones de humedad del suelo, en invierno la caña se corta y se saca al extremo del surco de forma manual. En la mayoría de los otros sitios con cosecha manual, la caña es cargada al medio de transporte (camión)<sup>24</sup>.

En la zona se han probado diferentes tipos de cosecha mecanizada, pero no han dado buenos resultados comerciales. En el caso de las cortadoras simples, la forma en que queda la caña en el surco dificulta

<sup>22</sup> “ALUR duplicó en un año la producción de caña de azúcar”. Artículo extraído de la página web del SEP-REDI de Presidencia en febrero de 2007.

<sup>23</sup> Información brindada por el Ing. Agr. Darío Oxandabarat de ALUR S.A.

<sup>24</sup> Información brindada por el Ing. Agr. Darío Oxandabarat de ALUR S.A.



la operación de despunte, que debe hacerse de forma manual, por lo que los productores prefieren no utilizarlas.

Las cosechadoras de caña picada (integrales) son las que más se usan actualmente en el mundo cuando se mecaniza la cosecha. Sin embargo, son caras, pesadas y requieren un sistema de transporte muy bien organizado. También en el caso de la cosecha mecánica hay un aspecto de diseño de campo —tamaño de tablones, largo del surco, distancia entre surcos, etc.— que se relaciona con la eficiencia del sistema de cosecha.

En Uruguay, el cultivo de caña de azúcar es muy exigente en cuanto a riego, pues requiere aproximadamente entre 1.200 mm y 1.300 mm. En cuanto a información sobre el régimen de lluvias en las zonas productoras, no se reporta un valor de precipitaciones específico. Sin embargo, el cultivo cuenta con un 100% de irrigación.

Actualmente existen tres grandes sistemas de riego:

- CALAGUA, que riega actualmente unas 1.100 hectáreas de caña de azúcar y puede llegar a 2.000 dentro del área inicial de la cooperativa. También tiene más de 2.000 hectáreas de riego en la ampliación

hacia el este en las que se cultiva arroz y más de 1.000 hectáreas al sur de la Ruta 30 en las que también se cultiva arroz actualmente. Asimismo, si se considera el área que no tiene arroz pero es regable, el potencial puede llegar al orden de las 5.000 hectáreas.

- CALPICA, que riega unas 420 hectáreas de caña de azúcar y puede añadir 1.000 más rápidamente. En años anteriores CALPICA llegó a regar hasta 2.100 hectáreas
- SOFORUCE, con un área de caña de 500 hectáreas y un potencial para regar 300 hectáreas más.

#### e) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos

El proyecto de ALUR prevé la construcción de una destilería contigua a la refinería de azúcar, que entraría en funcionamiento en 2007<sup>25</sup> y empezaría a producir en la cosecha siguiente<sup>26</sup>. Los porcentajes en que se distribuirá la caña (refinería vs. destilería) serán establecidos en función de parámetros técnicos y de la relación de precios entre ambos productos finales<sup>27</sup>.

En términos generales, el alcohol que se produce puede ser hidratado, y

<sup>25</sup> "Agroenergía: avanza el diseño de la política nacional de biocombustibles" Ing. Agr. Gonzalo Souto. Anuario 2006 OPYPA/MGAP.

<sup>26</sup> "Gobierno lanzó la zafra azucarera". Entrevista realizada por Emiliano Cotelo de Radio El Espectador al presidente de ALUR, Raúl Sendic, del 29.06.2006.

<sup>27</sup> "Política sucroalcoholera" Ing. Agr. Eduardo Errea y Ec. Mayid Sáder Neffa. Artículo extraído del Anuario 2006 OPYPA/MGAP.



usarse como combustible alternativo a la gasolina o anhidro, y usarse como mezcla en la gasolina, en una proporción de hasta un 25% o usarse en la fabricación de biodiésel por ruta etílica. Esta última opción, alcohol anhidro, es la que va a adoptar el proyecto. Asimismo, además de esos dos productos, el proceso podría, con el tiempo, producir energía eléctrica en un sistema de cogeneración, con melaza, vinaza y bagazo como subproductos.

Para estimar los costos y la significación cuantitativa de la producción de etanol

resultante del proyecto, se partió del supuesto de la utilización de la materia para producir alcohol en una proporción del 25%. Con ese supuesto y el de una posible plantación de 10 mil hectáreas, se estima que el etanol que se produciría alcanzaría para cubrir el 4,5% la producción actual de gasolina de Uruguay.

En cuanto a los rendimientos estimados de producción de etanol en kilos y litros por hectárea, en el cuadro a continuación se pueden visualizar por tipo de cultivo<sup>28</sup>.

**Cuadro 31.**

*Rendimientos estimados de producción de etanol por hectárea para diferentes cultivos*

Tipos de cultivo	Rendimiento en kilos por hectárea	Rendimiento en litros por hectárea
Remolacha azucarera	45.000	4.500
Caña de azúcar	55.000	3.600
Sorgo azucarero-nuevas variedades <sup>1</sup>	90.000	5.400

<sup>1</sup> Los rendimientos de las nuevas variedades de sorgo fueron medidos por técnicos de la DNETN en el campo, en un establecimiento de sorgo azucarero. Los rendimientos estimados fueron mayores de los indicados en el cuadro. No corresponden a rendimientos convencionales de sorgo granífero.

Fuente: "Energías Alternativas", capítulo 6, de la publicación "Sector energético en Uruguay, diagnóstico y perspectivas", de la DNETN/MIEM con base en "Alcohol Fuels Options for Developing Countries", National Academy Press 1983 y en entrevistas con productores, técnicos y ensayos de campo realizados por la DNETN/MIEM.

<sup>28</sup> "Energías alternativas", capítulo 6 de la publicación "Sector energético en Uruguay, diagnóstico y perspectivas", de la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear/MIEM.



Asimismo, para evaluar la producción de alcohol es necesario conocer el ciclo anual de los distintos cultivos, por ello, en el cuadro siguiente se muestra la posibilidad de que estos se complementen.

**Cuadro 32.**

*Ciclos anuales de cultivos para la producción de etanol*

	Cultivo	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
CULTIVOS DE VERANO	Sorgo	octubre - noviembre	marzo - abril
	Caña de azúcar	perenne <sup>1</sup>	julio - setiembre
CULTIVOS DE INVIERNO	Remolacha	mayo-abril	noviembre - diciembre

<sup>1</sup> La cosecha se realiza entre julio y septiembre de cada año y es lo que se denomina la zafra. El año o ejercicio azucarero es el período comprendido entre mayo y fines de abril del año siguiente.

Fuente: "Energías Alternativas", capítulo 6 de la publicación "Sector energético en Uruguay, diagnóstico y perspectivas" de la DNETN/MIEM.

Los requerimientos de suelo, horas sol y riego son distintos según cada cultivo; el sistema agrícola debe reconocer dichas especificidades. Una planta de destilación ubicada en el litoral oeste permitiría aprovechar las condiciones óptimas para la producción de las distintas opciones agrícolas que se concentran en dicha zona.

#### f) Capacidad industrial instalada

El plan de producción de ALUR de 2006 fue de 48.000 toneladas de azúcar, un incremento importante en relación con lo que produjo CALNU en 2005, porque el objetivo era el de entrar en la industria de dulces y bebidas<sup>29</sup>. Para 2007 se planea producir 55.000 toneladas de azúcar,

<sup>29</sup> "Gobierno lanzó la zafra azucarera". Entrevista realizada por Emiliano Coto de Radio El Espectador, al presidente de ALUR, Raúl Sendic del 29.06.2006.

17 millones de litros de alcohol y 15 megavatios de electricidad, de los cuales 12 serán vendidos a la UTE, explicó Raúl Sendic a un medio de prensa local<sup>30</sup>.

Durante el 2006 se invirtieron un millón de dólares en ALUR para reparar el ingenio: calderas para poder iniciar la zafra, todo el trapiche y otras áreas que mostraban un deterioro importante.

A su vez, la refinería que ALUR tiene previsto instalar tendría una capacidad de producción de 120 m<sup>3</sup> diarios de etanol<sup>31</sup> y costaría unos siete u ocho millones de dólares, porque tendría una serie de agregados que permitirían conectarla con las actuales instalaciones de la refinería. Estas obras serían financiadas por la ANCAP y por el gobierno de Venezuela (a cambio de alcohol).

Con el volumen que se obtenga, ALUR podría sustituir hasta un 5% del volumen de gasolinas (gasolinas) que se consumen en el país al 2010. Esto tendría consecuencias favorables para la ANCAP porque permitiría tener un mayor volumen para la exportación o bajar el nivel de importación de crudo. Para eso, habría que expandir el área cañera, y también para poder

mantener el abastecimiento del mercado azucarero. Al comienzo se mezclarían volúmenes de alcohol muy pequeños con las gasolinas y luego se irían incrementando gradualmente<sup>32</sup>.

### **g) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), en su Estación Experimental "Treinta y Tres" - Unidad "Palo a Pique" y a cargo del Ing. Agr. José Terra, está llevando adelante experimentos en el cultivo del sorgo dulce o azucarado, una de las materias primas de las que se pretende extraer bioetanol<sup>33</sup>.

En 2006 el trabajo tuvo una intención preevaluatoria y se analiza su respuesta a diferentes manejos agronómicos que podrían utilizarse en futuros emprendimientos. Los resultados han sido dispares en los diferentes materiales que se ensayaron. "Las pruebas que se han efectuado en Paysandú, ya más avanzadas, muestran resultados muy alentadores, pero el camino recién comienza a transitarse", afirmó el señor Terra.

<sup>30</sup> "ANCAP financiará sorgo y girasol para biocombustibles". Artículo extraído del Diario El País, del 27.12.2006.

<sup>31</sup> "Agroenergía: avanza el diseño de la política nacional de biocombustibles". Anuario 2006 OPYPA/MGAP.

<sup>32</sup> "Gobierno lanzó la zafra azucarera". Entrevista realizada por Emiliano Cotelo de Radio El Espectador al presidente de ALUR, Raúl Sendic, del 29.06.2006.

<sup>33</sup> "Buscan obtener bioetanol a través del cultivo de sorgo azucarado". Artículo extraído del Diario El País del 27.02.2006.



A su vez, el Ing. Agr. Guillermo Siri, de la Facultad de Agronomía de la Estación “Mario Cassinoni”, dijo que los valores que están obteniendo en cuanto a generación de biomasa son muy competitivos, por más que aún no han llegado a experimentar su rendimiento en la producción de azúcar o alcohol.

productos lignocelulósicos (residuos forestales y agrícolas, rastrojos y cañamo). En el cuadro siguiente, se encuentran las principales estadísticas, de los últimos años, de área, producción y rendimiento del sorgo y el maíz, los cultivos que presentan mayor potencial para la producción de etanol en Uruguay.

#### h) Disponibilidad de productos sustitutos para la producción de etanol

El país estudia la posibilidad de producir etanol a partir de otras materias primas, como granos, sorgo dulce, remolacha, maíz, cardo o de

#### i) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina

Existe un Proyecto de Ley de Agrocombustibles<sup>34</sup> que ingresó al Parlamento el 31 de julio de 2006, con firma del Consejo de Ministros y actualmente cuenta con media

**Cuadro 33.**

*Uruguay: Área, producción y rendimiento de los productos agropecuarios potenciales para la producción de etanol (2003-2005)*

Producto	2003	2004	2005
<b>Superficie sembrada</b>			
Maíz	178.500	223.000	250.000
Sorgo	60.209	69.682	100.000
<b>Producción</b>			
Maíz	38.927	44.923	64.200
Sorgo	14.829	17.978	26.700
<b>Rendimiento</b>			
Maíz	4,59	4,96	3,89
Sorgo	4,06	3,88	3,75

Fuente: FAO

<sup>34</sup> Puede acceder al Proyecto de Ley en el sitio web de la DNETN/MIEM en la siguiente ubicación [http://www.dnetn.gub.uy/documentos/archivos/816\\_1.pdf](http://www.dnetn.gub.uy/documentos/archivos/816_1.pdf)

sanción en el Senado. En dicho documento se establece el marco legal para la producción y comercialización de los agrocombustibles, así como los estándares de calidad y seguridad<sup>35</sup>.

En este Proyecto, además, se define al etanol como el “alcohol etílico carburante producido para ser utilizado en motores de combustión. Comprende al alcohol etílico anhidro carburante y al alcohol etílico hidratado carburante”.

En cuanto a la mezcla de etanol, el Proyecto en su artículo cuarto encomienda a la ANCAP la incorporación del alcohol carburante que se produzca en el país a las gasolinas (gasolinas) de uso automotriz, en una proporción de hasta un 5% sobre el volumen total que se comercialice internamente hasta el 31 de diciembre de 2014. Dicha proporción constituirá un mínimo obligatorio a partir de dicha fecha. Asimismo, faculta al Poder Ejecutivo a fijar metas intermedias ente la promulgación de la ley y el 31 de diciembre de 2014.

En relación con las especificaciones técnicas de calidad de los biocombustibles, las del alcohol carburante las determinará la reglamentación posterior, mientras que las del biodiésel ya se han plasmado en la Norma UNIT 1100:2005, aprobada en diciembre

de 2005<sup>36</sup>. En la propia definición de biodiésel dada por el mencionado Proyecto “designado como Biodiésel (B100) que cumple con las previsiones contenidas en la Norma UNIT N°1100 y sus futuras actualizaciones”.

#### **j) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol**

En el Uruguay, antes de la ALUR, la atención y las acciones políticas en torno a los biocombustibles se centraron fundamentalmente en el biodiésel, en respuesta a un contexto general de alto consumo de diesel, una fuerte expansión de la producción y exportación de granos oleaginosos y una relación de precios externos favorables.

La alternativa del etanol resultaba menos atractiva, esencialmente por ser sustituidora de gasolinas (gasolinas) y por presentar mayores dificultades competitivas en la base agrícola, debido al dinamismo contrastante de los cultivos oleaginosos —girasol y soja— con una caña de azúcar en retroceso y un maíz escaso y caro.

Pero ese escenario cambió drásticamente en el año 2005 luego de que el Gobierno decidiera promover la ampliación de la producción de caña de azúcar, que rápidamente se asoció a la producción de etanol (buscando reproducir el exitoso

<sup>35</sup> Palabras del Ing. Gerardo Triunfo, Director de la DNETN del MIEM y del Ministro del MIEM respectivamente, en la II Conferencia del Ciclo 2006: “el agro en los tiempos que vienen” organizados por la Oficina de IICA en Uruguay, la consultora Seragro y el Diario El País en setiembre de 2006.

<sup>36</sup> “Jornada de difusión de la Norma UNIT 1100 de Biodiesel en Tacuarembó”. Artículo extraído de la sección Novedades de la página web de UNIT.



modelo “sacroalcoholero desarrollado en Brasil)<sup>37</sup>.

Como resultado de las recientes visitas a Uruguay por parte de los presidentes de Brasil y EEUU, ha cobrado notoriedad la importancia estratégica que el Uruguay le da al tema de los biocombustibles. En el caso de Brasil, se formalizó un programa de cooperación en el área de los biocombustibles y un protocolo adicional para crear una comisión mixta permanente en el área de la energía.

Respecto de la visita del presidente Bush, se hizo hincapié en la conveniencia de intensificar el intercambio científico y tecnológico en el tema de la producción de combustibles alternativos.

En función de estas señales políticas, todo parece indicar que el Uruguay

podría estar interesado en asociarse a la Comisión Interamericana de Etanol. De todos modos, la invitación debería formalizarse por los canales institucionales apropiados.

### **k) Consumo anual de gasolina**

En el año 2005, el país consumió cerca de 287.134 metros cúbicos de gasolina, de los cuales el 45% fueron consumidos en el departamento de Montevideo, seguido de los departamentos de Canelones y Maldonado, 14% y 11%, respectivamente.

Uruguay no dispone de reservas de combustibles fósiles por lo que el 100% de la oferta es importada. La importación de petróleo crudo representa la principal fuente energética del país, con una participación del 53% del consumo final de energía (año 2005).

## **BIBLIOGRAFÍA**

Información suministrada por las Oficinas del IICA en América Latina: Situación y perspectivas de la producción de etanol en América Latina. Documentos originales y borradores. Comisión Interamericana de Etanol.

Página web de la FAO: [www.fao.org](http://www.fao.org). Bases estadísticas sobre producción.

ROTHKOPF, Garten. Un modelo de energía limpia para las Américas. Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

<sup>37</sup> “Agroenergía: avanza el diseño de la política nacional de biocombustibles”. Ing. Agr. Gonzalo Souto. Artículo extraído del Anuario 2006 de OPYPA/MGAP.



## 3.22 VENEZUELA





Los altos precios del petróleo han abierto nuevamente el debate mundial sobre la importancia de encontrar “sustitutos energéticos” que reemplacen los hidrocarburos. Aun cuando Venezuela es un productor importante de hidrocarburos, es política de Estado trabajar en la búsqueda de fuentes energéticas alternativas y procurar que el sector agrícola se organice para suplir una demanda que, en un futuro no muy lejano, no podrá ser atendida por el petróleo.

La tecnología bioenergética presenta un interés particular para Venezuela, pues uno de los ejes de desarrollo del país se relaciona con el fortalecimiento de las comunidades rurales y con la soberanía alimentaria, y la generación de fuentes energéticas de origen vegetal podrían permitir una transformación importante en los espacios rurales donde se produce materia prima que podría aprovecharse con este fin.

La empresa estatal Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) se encuentra en proceso de crear una empresa mixta que se dedique a la producción de etanol. Este producto se obtiene, entre otros, a partir de la caña de azúcar y se adiciona, en distintos porcentajes, a la gasolina, para obtener una mezcla menos contaminante para la naturaleza. Las necesidades del país llegan a 20 mil barriles diarios, ya que toda la gasolina que se vende en el mercado interno se mezcla con alcohol carburante. Como parte de los preparativos, la PDVSA aportó financiamiento para realizar estudios de factibilidad en futuras áreas de cultivo de caña y podrían plantarse

hasta 276 mil hectáreas de este producto. En la actualidad el etanol se importa de Brasil para mezclarlo con la gasolina en proporciones de hasta un 8%.

También se está en proceso de conformar un programa de agroenergía de carácter nacional que contempla la construcción de un Centro Tecnológico de Agroenergía (CTA). La idea es que el centro sirva de vitrina tecnológica para la generación y el desarrollo de tecnologías relacionadas con la producción de biocombustibles a partir de rubros vegetales.

Como parte de las actividades del INIA, en las instalaciones del Campo Experimental de Santa Bárbara, estado de Monagas, el 11 de octubre de 2006, se realizó, el “Taller de articulación y análisis prospectivo para la creación del Centro Tecnológico de Agroenergía de Santa Bárbara” (CTA). Los rubros que se planea sembrar para la producción de etanol son caña de azúcar, maíz, arroz, yuca, sorgo y batata. El CTA se dedicaría a labores de:

- Agroservicios (laboratorios de suelos, laboratorios de calidad, asistencia técnica)
- Mejoramiento genético (especies más eficientes en la producción de etanol y biodiésel)
- Consolidación (investigación e innovación tecnológica en rubros aptos para la producción de etanol y biodiésel)
- Biotecnología (búsqueda de microorganismos más eficientes en la fermentación)

*a) Principales problemas que encara el desarrollo de la agroenergía y los biocombustibles*

La manipulación agrícola del suelo lleva, en primer lugar, a la remoción de la capa vegetal natural, lo que, en el mejor de los casos, implica una simplificación del ecosistema y la denudación de la superficie. Por otra parte, surge el dilema entre producción de energía y producción de alimentos, en un país que busca la soberanía alimentaria pero que tiene un alto porcentaje de productos agrícolas de origen importado.

Con los sistemas de riego aumentan la superficie susceptible de cultivo y la productividad de la parcela, pero también el riego modifica el suelo en forma directa e indirecta y casi siempre de manera irreversible.

Otro aspecto que cabe mencionar es la contaminación de afluentes, luego de haber sido utilizados en la actividad agrícola.

*b) Principales desafíos de acuerdo con las tendencias observadas*

Venezuela tiene un gran potencial para producir etanol, por sus condiciones geográficas y climáticas y por las excelentes relaciones que tiene con el mercado de los combustibles, de manera que todo parece favorecer la implantación de ese recurso energético en la industria nacional. Sin embargo, el país debe hacerle frente a un desafío importante: la capacitación en tecnología relacionada con la

producción de biocombustibles y la elaboración de perfiles de proyectos que resulten competitivos.

*c) Perspectivas de la agroenergía y los biocombustibles*

Como complemento a las actividades que llevan a cabo el INIA y la PDVSA en el ámbito nacional, Petróleos de Venezuela concretó el avance de importantes proyectos de expansión con la firma, en el 2006, de doce acuerdos energéticos con China. Entre ellos destaca la conformación de un equipo técnico binacional, a fin de realizar un estudio de factibilidad sobre la producción de etanol en Venezuela. Con ello, se espera aprovechar la experiencia china en esta materia y fomentar el desarrollo de los biocombustibles en el país.

El Gobierno venezolano también suscribió acuerdos con Malasia para desarrollar tecnologías destinadas a la elaboración de biocombustibles. En este caso se espera aprovechar la experiencia de ese país en la obtención de etanol y biodiésel a partir de la palma aceitera.

Las estrategias para la conformación de un programa de agroenergía y soberanía nacional son las siguientes:

- Conformación de una comisión ejecutiva interministerial.
- Integración de organismos oficiales (MCT, PDVSA, MAT, MINEP, entre otros) en la creación y puesta en marcha del Centro Tecnológico de Agroenergía (CTA)



- Conformar con otros países latinoamericanos una red de agroenergía.
- Armonizar las actividades agrícolas y petroleras, estrategia que representa un gran reto para el país.

#### **a) Cultivos de caña de azúcar: área sembrada y rendimiento actual**

Venezuela tiene 130 mil hectáreas sembradas de caña de azúcar, de un total de 21,6 millones de hectáreas que se dedican a la actividad agrícola. La producción de caña puede desglosarse en tres zonas. En la primera se ubican las centrales azucareras Ureña, Venezuela, Pastora, Tocuyo, Río Turbio y Carora, que cubren algo más de un tercio de la superficie cosechada pero generan casi la mitad de la producción de caña, pues tienen un período de zafra de seis meses y medio. La segunda zona está constituida por las centrales Majaguas, Portuguesa, Guanare y Tolimán, que abarcan otro tercio del área sembrada y un tercio de la producción total (tienen un período de zafra de cuatro meses). Las centrales El Palmar, Matilde, Santa Clara y Tacarigua abarcan el 20% del área dedicada al cultivo del azúcar, tienen un período de zafra de dos meses y medio y concentran el 25% de la producción cañera. Finalmente están las centrales Cumanacoa, Ribero y Monagas, cuya participación es mínima y tienen un período de zafra muy corto.

#### **b) Azúcar: producción, rendimiento y costos**

La producción total es de 67,69 toneladas de caña por hectárea y el rendimiento es de 5,43 toneladas de azúcar por hectárea.

#### **c) Etanol: producción (por hectárea y por tonelada de azúcar) y costos**

La demanda de etanol para la mezcla E10 es de 1,270.1 miles de m<sup>3</sup> y su producción actual a partir de las melazas es todavía incipiente.

#### **d) Capacidad industrial instalada**

Actualmente la industria de la caña de azúcar no tiene excedentes de producción para producir etanol.

#### **e) Centros de investigación que realizan estudios para mejorar los procesos de producción de caña, azúcar y etanol**

El acuerdo firmado con Brasil para la investigación en etanol incluye la colaboración de universidades, centros de investigación y empresas privadas.

#### **f) Marco regulador para la mezcla de etanol y gasolina**

Hasta la fecha no se han adelantado acciones en materia de legislación

para la bioenergía; sin embargo hay algunas leyes vigentes relacionadas con el tema, entre las que destacan:

- i. Ley orgánica de hidrocarburos
- ii. Ley penal del ambiente
- iii. Ley de vigilancia para impedir la contaminación por petróleo
- iv. Ley del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

### g) Programas públicos y privados de producción y uso de etanol

El proyecto contempla la construcción de hasta 17 plantas para la obtención del etanol, pues las necesidades diarias del país llegan a 20 mil barriles. Cabe recordar que toda la gasolina de consumo interno se mezcla con alcohol carburante. Como parte de

los preparativos, la PDVSA aportó financiamiento para realizar estudios de factibilidad en futuras áreas de cultivo de caña, donde podrían plantarse hasta 276 mil hectáreas de este producto.

### h) Consumo anual de gasolina

Se calcula que en la actualidad Venezuela requeriría de unos 20 mil barriles diarios de etanol para mezclarlo en porcentajes de 7% y 8% con la gasolina que se dirige al mercado interno nacional. Venezuela tiene un gran potencial para producir etanol, por sus condiciones geográficas y climáticas y por las excelentes relaciones que tiene con el mercado de los combustibles, de manera que todo parece favorecer la implantación de ese recurso energético en la industria nacional.

## BIBLIOGRAFÍA

Venezuela. Ministerio de Energía y Petróleo de la República Bolivariana de Venezuela.

“Venezuela Loves Etanol Too” Energy Tribune. 2006. <http://www.wenergytribune.com/articles.cfm?aid=696&idli=1>

United Nations, Food and Agricultural Statistics Division, FAOSTAT. <<http://faostat.foa.org/site/336/destoktopdefa<ault.aspx?pageID=336>>







# ANEXO 1



Cuadro 1.

Potencial de producción de etanol y requerimientos de área para una mezcla de un 10% con gasolina (E10)

País	Consumo de gasolina		Área cultivada de caña de azúcar		Área agrícola	Demanda de etanol para E10	Producción actual de etanol	Superficie de caña de azúcar para atender la demanda de E10	
	Mil m <sup>3</sup>	%	Miles ha	%	Miles ha	Mil m <sup>3</sup>	Mil m <sup>3</sup>	Miles ha	% Actual en el área de caña
Argentina	4.911,1	0,77	296,8	3,7	128.747,0	491,1	230,0	81,9	27,0
Barbados	124,4	0,01	8	0,01	19	12,4	-	2,1	26
Bolivia	763,4	0,12	105,0	1,3	37.087,0	76,3	33,8	12,7	12,0
Brasil	16.000,0	2,52	5.800,0	72,0	150.000,0	1.600,0	15.999,2	266,7	4,6
Colombia	4937,0	0,70	212,4	2,6	45.911,0	493,7	270,0	63,0	29,6
Costa Rica	855,1	0,13	52,0	0,6	2.865,0	85,5	30,5	14,3	29,0
Ecuador	1.944,6	0,31	78,0	1,0	8.705,0	194,4	47,1	24,5	33,0
EE UU	548.000,0	86,20	np	0,0	np	54.800,0	16.139,2	9.000,0	np
El Salvador	560,0	0,09	63,0	0,8	1.704,0	56,0	42,3	10,0	18,0
Guatemala	1.160,1	0,18	197,0	2,4	4.652,0	116,0	144,0	17,9	10,0
Guyana	130,0	0,02	49,0	0,6	1.740,0	13,0	23,6	2,2	4,0
Haití	288,0	0,05	18,0	0,2	1.590,0	28,8	2,0	4,8	27,0
Honduras	457,2	0,07	88,1	1,1	2.936,0	45,7	26,3	7,6	10,0
Jamaica	699,8	0,11	40,0	0,5	513,0	70,0	12,0	11,7	29,0
México	39.455,3	6,21	680,0	8,4	107.300,0	3.945,5	50,0	657,6	96,7
Nicaragua	248,9	0,04	45,0	0,6	6.976,0	24,9	36,0	4,1	9,0
Panamá	576,7	0,09	37,0	0,5	2.230,0	57,7	12,4	9,6	26,0
Paraguay	233,5	0,04	80,0	1,0	24.836,0	23,3	45,3	3,5	4,37
Perú	1.203,0	0,22	66,1	0,8	21.210,0	120,4	78,4	20,1	30,0
República Dominicana	1423,3	0,0	350	0,0	3696	142,3	0,0	23,71	6,7
Surinam	106,5	0,02	3,0	0,0	89,0	10,6	0,4	1,8	59,0
Trinidad y Tobago	493,1	0,08	13,0	0,2	133,0	49,3	5,3	8,2	63,0
Uruguay	281,1	0,04	3,0	0,0	14.955,0	28,1	0,7	4,8	147,0
Venezuela	12.700,6	2,00	130,0	1,6	21.640,0	1.270,1	0	234,5	180,3
<b>Totales</b>	<b>637.552,7</b>	<b>100,01</b>	<b>8.414,40</b>	<b>100</b>	<b>589.515,00</b>	<b>63.755,10</b>	<b>33.623,70</b>	<b>10.487,3</b>	

Fuente: IICA (2007) y CEPAL 2006 Energías renovables en América Latina y el Caribe

Fuente: Consumo de gasolina, EE UU y Brasil: Grain Feed Division Foreign Agricultural Service, USDA.



Cuadro 2.

## Azúcar: Área, producción y rendimiento

País	Área actualmente sembrada de caña de azúcar (ha)	Área potencialmente cultivable de caña de azúcar (ha)	Rendimiento agrícola reciente de la caña de azúcar (t/ha)	Producción de azúcar	
				Total (t)	Azúcar (t/ha)
Argentina	296.760	435.000	66,05	2.030.653	6,84
Barbados	8.000	-	62	54.000	6,75
Belice	24.281	36.422	64	107.000	4,41
Bolivia	105.000	-	45,71	510.000	6,8
Brasil	5.800.000	12.000.000	77	29.500.000	5,09
Chile	0	0	0	0	0
Colombia	212.446	200.000	122,9	2.415.117	13,05
Costa Rica	52.000	45.000	75,3	382.824	8
Ecuador	78.000	675.932	78	510.000	6,80
El Salvador	62.934	20067	34,93	497.000	7,90
Estados Unidos	387.250	-	66,63	2.707.000	6,99
Guatemala	197.000	-	90,5	2.010.000	10,20
Honduras	88.120	-	73,12	381.018	4,32
Jamaica	40.000	513.000	47,5	167.000	4,18
México	680.000	-	77,5	5.800.000	8,5
Nicaragua	46.500	150.000	101	426.907	9,18
Panamá	37.000	11.000	56,8	165.000	4,46
Paraguay	80.000	450.000	50	131.198	5
Perú	66.162	-	102,4	694.599	11,98
República Dominicana	350.000	200.000	40	464.000	1,3
Uruguay	3.100	10.000	55,5	5.400	1,74
Venezuela	130.000	276.000	67,69	706.000	5,43
<b>TOTAL</b>	<b>8.744.553</b>	<b>15.022.421</b>		<b>49.664.716</b>	

Fuente: Situación y perspectivas de la producción de etanol en América Latina (IICA). FAO. Cálculos Oficina del IICA en Colombia

Nota: La información corresponde a los reportes más actualizados entregados por cada país entre los años 2005-2007



Cuadro 3.

**Caña de Azúcar: Mecanización y Riego**

País	Proporción del área cultivada de caña de azúcar que está mecanizada <sup>1</sup>	Factibilidad de ampliar la mecanización a otras áreas cultivadas no mecanizadas actualmente y las áreas con potencial para el cultivo	Régimen de distribución de lluvias en las zonas productoras y relación con la producción de caña de azúcar
Argentina	91%	Mecanización factible en todas las zonas del país	En la zona cañera potencial la precipitación varía entre 800 y 1.300 mm anuales
Belice	0%	Poca factibilidad debido a que la siembra se realiza en pequeñas parcelas	Precipitación pluvial de enero a diciembre, con un total aproximado de 1.050 mm de lluvia por año
Brasil	35%	Existe la factibilidad.	Es muy variable, ya que existen diferentes zonas de producción en distintas regiones.
Colombia	100%	No aplica	En años normales la precipitación oscila entre 800 y 2600 mm con dos períodos lluviosos que abarcan los meses de abril – mayo y octubre-noviembre, dos períodos secos: enero – febrero y julio – agosto y cuatro meses de transición: marzo – junio, setiembre y diciembre
Costa Rica	38.50%	Alta factibilidad de incorporación de áreas nuevas y tradicionales para mecanización	Se establece entre las seis regiones productoras del país entre 1.300 – 4.200mm
Ecuador	63%	Las áreas cultivadas no mecanizadas están destinadas a la producción de caña de azúcar para su transformación en panela y aguardiente. La gran mayoría de estas áreas son de topografía irregular, lo que dificulta su mecanización	El cultivo se da en tres regiones: Litoral, Sierra y Amazónica. En la región litoral el período lluvioso comienza en el mes de diciembre o enero y termina en el mes de mayo con un máximo de precipitaciones en los meses de febrero y abril, siendo marzo el mes con mayores precipitaciones. La época se inicia en mayo y finaliza en setiembre
El Salvador	100%	Existe la factibilidad.	La precipitación media en el país es de 1.600 – 1.800 mm
Honduras	73%	Casi un 90%	La precipitación pluvial en las zonas cañeras es de 540 a 1200 mm

País	Proporción del área cultivada de caña de azúcar que está mecanizada <sup>1</sup>	Factibilidad de ampliar la mecanización a otras áreas cultivadas no mecanizadas actualmente y las áreas con potencial para el cultivo	Régimen de distribución de lluvias en las zonas productoras y relación con la producción de caña de azúcar
Nicaragua	-	No aplica	Precipitación pluvial por un período de seis meses (15 mayo a 15 noviembre) y período de sequía de junio 15 a agosto 15
Paraguay	35%	-	1.600 – 1.800 mm de lluvia
Perú	100%	Casi la totalidad de las labores agrícolas es mecanizada, el corte es manual	En la zona de la Sierra el promedio anual de precipitación pluvial es de 600mm, distribuido de diciembre a marzo, el resto del año se complementa con riego. En las zonas selváticas las lluvias son superiores a los 3.000 mm
Uruguay	Semi mecanizado	Existe la factibilidad.	-

Fuente: Situación y perspectivas de la producción de etanol en América Latina (IICA) Borradores 1 y 2, Reportes Originales. Cálculos Oficina del IICA en Colombia.

1,2/ El total es un valor proxi del porcentaje e área que cuenta con sistemas de mecanización e irrigación con respecto al total de área cultivada en los países latinoamericanos y sólo se tienen en cuenta aquellos que reportaron porcentaje de mecanización e irrigación.



Cuadro 4.

## Producción de etanol

País	Producción de etanol	Producción de etanol de acuerdo al área potencial cultivable en caña de azúcar 1/	Capacidad Industrial instalada				Observaciones
	Etanol (litros)/ha		Nº. Unidades Industriales (ingenios)	Nº. Unidades Industriales (destilerías)	Capacidad de molienda (ingenios y destilerías)		
					Ton. Caña/año	Litros/año	
Argentina	7.500	400 millones por año	23	19	20.500.000	-	Molienda caña. 19 de los 23 ingenios poseen destilería
Belice	0	-	1	-	1.300.000	-	Molienda caña
Bolivia	-	-	-	-	-	-	No reporta
Brasil	6.500 a 7.000	72 billones	-	325	-	18.000.000.000	Etanol
Chile	0	-	0	-	-	-	No hay producción
Colombia	9.000	-	12	-	29.200.00	-	Capacidad combinada
Costa Rica	5.600	4.846	15	-	15.914.000	-	Molienda caña
Ecuador	-	-	-	-	-	47.107.000	Etanol
El Salvador	-	-	-	1	-	43.800.000	Etanol
Estados Unidos	-	-	100	-	-	17.032.500.000	Capacidad combinada
Guatemala	5.575	-	15	4	17.800.000	178.850.000	Capacidad combinada
Honduras	0	-	7	-	9.642.570	-	Molienda caña
Jamaica	-	-	7	2	-	196.820.000	No reporta
México	4.659	-	58	-	105.205.410	-	Molienda caña
Nicaragua	6.728	21.649	4	-	12.410.000	-	Molienda caña
Panamá	0	-	4	-	2.560.000	-	Molienda caña
Paraguay	3.750	-	10	-	10.603.250	-	Molienda caña
Perú	0	-	10	-	13.614.500	-	Molienda caña
Uruguay	3.600	-	-	-	-	-	No reporta
Venezuela	0	-	-	-	-	-	No reporta

Fuente: Situación y perspectivas de la producción de etanol en América Latina (IICA). FAO. Cálculos Oficina del IICA en Colombia 1/Valor aproximado. La producción de etanol de acuerdo al área potencialmente cultivable de caña de azúcar se calculó de acuerdo a la relación de área cultivada, rendimiento agrícola con respecto al reporte de etanol producido por hectárea y se realizó un análisis proporcional respecto al área potencial.

Cuadro 5.

## Marco regulador para el uso y manejo del etanol

	Leyes que establecen mezclas de gasolina más etanol	Leyes que establecen incentivos para la producción de etanol	Leyes, reglamentos que definen la calidad del etanol	Iniciativas de ley
Argentina	✓	✓	✓	no
Belice	no	no	no	no
Bolivia	no	no	no	no
Brasil	✓	✓	✓	✓
Chile	no	no	no	✓
Colombia	✓	✓	✓	no
Costa Rica	✓	no	✓	✓
Ecuador	no	no	no	✓
EE UU	✓	✓	✓	no
El Salvador	no	no	no	✓
Guatemala	✓	✓	✓	✓
Honduras	no	no	no	✓
Jamaica	no	no	✓	no
México	no	no	no	✓
Nicaragua	no	no	no	✓
Panamá	no	✓	no	no
Paraguay	✓	✓	✓	✓
Perú	✓	no	no	no
Rep. Dominicana	no	no	no	✓
Uruguay	no	no	no	✓
Venezuela	no	no	no	✓



Cuadro 6.

*Instituciones de I&D y actividad en el campo de los biocombustibles en AL*

País	No. de iniciativas		Temas de investigación predominantes
	Público	Privado	
Argentina	4	1	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo
Belice	0	0	
Bolivia	0	0	
Brasil	1	1	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo de caña y otras materias primas Aprovechamiento de residuos agrícolas
Chile	2	0	Proceso de producción de etanol
Colombia	0	2	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo Proceso producción de etanol
Costa Rica	1	0	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo
Ecuador	3	1	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo Proceso producción de etanol
El Salvador	0	0	
Estados Unidos	1	0	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo Desempeño del etanol en motores
Guatemala	0	1	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo
Honduras	1	2	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo Desempeño del etanol en motores
Jamaica	1	1	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo Desempeño del etanol en motores
México	2	1	Desempeño del etanol en motores
Nicaragua	0	0	
Panamá	0	0	
Paraguay	1	0	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo
Perú	2	1	Producción de biocombustibles a pequeña escala
Uruguay	1	0	Mejoramiento del manejo agrícola del cultivo
Venezuela	2	1	Proceso de producción de etanol

Cuadro 7.

*Proyectos de inversión e iniciativas gubernamentales para producir etanol*

País	Proyectos, inversiones y destilerías			Iniciativas gubernamentales			
	Público	Privado	Mixto	Leyes	Programas	Proyectos	Apoyo técnico
Argentina	✓	✓		✓			✓
Belice		✓					
Bolivia	✓	✓		✓		✓	
Brasil	✓	✓		✓	✓		✓
Chile	✓	✓			✓		
Colombia	✓	✓	✓	✓		✓	
Costa Rica	✓	✓		✓			
Ecuador	✓	✓	✓		✓		
El Salvador	✓	✓			✓	✓	
Estados Unidos	✓	✓		✓			
Guatemala	✓	✓		✓	✓		
Honduras	✓	✓			✓		✓
Jamaica	✓	✓					✓
México	✓				✓		
Nicaragua	✓	✓			✓		
Panamá	✓	✓		✓			
Paraguay	✓	✓		✓	✓		
Perú	✓	✓		✓			
Uruguay	✓	✓			✓		
Venezuela	✓		✓				✓







## ANEXO 2



**Centros que realizan investigación para mejorar los procesos de producción de caña de azúcar y etanol**

País	Institución	Carácter	Líneas de trabajo
Argentina	Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA)	Público	Mejorar la competitividad a través de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nuevas tecnologías</li> <li>• Obtención de nuevas variedades</li> <li>• Manejo integrado de plagas</li> <li>• Capacitación y desarrollo de alternativas para las PyMEs</li> </ul>
	Proyecto integral NOA, de caña	Público: INTA, Gobiernos Provinciales, Secretaría de CyT, universidades, convenios de asistencia técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de nuevas variedades (clones)</li> <li>• Ampliación de la base genética</li> <li>• Manejo integrado de enfermedades y plagas</li> <li>• Establecimiento de procedimientos para la provisión de materiales genéticos libres de enfermedades</li> <li>• Difusión de prácticas adecuadas de manejo</li> <li>• Capacitación en planificación y organización de trabajo en diferentes sistemas de cosecha</li> <li>• Formulación de alternativas productivas complementarias para las PyMEs</li> <li>• Creación de usos alternos para la caña de azúcar y de nuevos trabajos relacionados con este cultivo</li> </ul>
	Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento agronómico</li> <li>• Mejoramiento genético</li> <li>• Industrialización de la caña de azúcar</li> </ul>
	Chacra experimental agrícola de Colonia Santa Rosa (Salta)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento genético para la obtención de variedades de caña de azúcar adaptadas a las condiciones ecológicas del norte argentino</li> <li>• Patología y biotecnología</li> </ul>
	Secretaría de Ciencia y Tecnología	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recientemente aprobó \$35.468 para un estudio de factibilidad de la extracción de hidrógeno puro de etanol y su uso como combustible en carros</li> </ul>
Belice	Actualmente no existe una institución que investigue sobre la caña de azúcar		
Bolivia	No existe un instituto de investigación para la producción de caña de azúcar		



País	Institución	Carácter	Líneas de trabajo
Brasil	Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de diferentes materias primas para la producción de etanol</li> <li>• Mercado internacional</li> <li>• Cooperativas agrícolas de agroenergía</li> <li>• Plan Nacional de Agroenergía</li> <li>• Generación de tecnologías para el aprovechamiento de residuos agrícolas</li> </ul>
	Centro de Tecnología Cañera de Brasil (CTC)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia para el sector del azúcar y el alcohol nacional</li> <li>• Proyecto genoma para identificar los 50 mil genes de la caña</li> <li>• Producción de plástico biodegradable</li> <li>• Creación de azúcar tipo VVHP que requiere menos esfuerzo en el proceso industrial</li> <li>• Tecnología para aprovechar los residuos de la agroindustria de la caña en cogeneración de energía eléctrica</li> </ul>
Chile	Fondo de Innovación Tecnológica de la Región del Bio Bio (Innova Bio Bio)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proyecto de investigación basado en obtención de bioetanol a partir de biomasa forestal</li> <li>• Producción y comercialización de bioetanol a partir de material lignocelulósico (madera) y de los subproductos de su industrialización</li> </ul>
	Fundación Innovación en Agricultura (FIA)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encargada de los mecanismos para la financiación de proyectos y programas de gobierno relacionados con agricultura. Los estudios se centran en las posibilidades de utilizar maíz y caña de azúcar para obtener etanol, para una mezcla inicial del 10%</li> </ul>
Costa Rica	Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa intensivo de mejoramiento genético</li> </ul>
Ecuador	Petroecuador - Instituto de investigación	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de pruebas para la puesta en marcha del programa de sustitución de un porcentaje de gasolina por etanol</li> </ul>
	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de variedades de caña y desarrollo de tecnologías relacionadas en este cultivo</li> <li>• Manejo de enfermedades</li> <li>• Manejo de plagas</li> <li>• Manejo de suelos</li> </ul>

País	Institución	Carácter	Líneas de trabajo
Ecuador (continuación)	Unión Nacional de Cañicultores del Ecuador (UNCE)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colaborar con el Estado y con cualquier otra entidad como un mecanismo de consulta en problemas relacionados con la producción de caña de azúcar</li> <li>• Establecer un registro de productores</li> <li>• Gestionar la importación de insumos, productos agroquímicos, vehículos y maquinaria agrícola necesarios para la explotación del cultivo</li> </ul>
	Escuela Politécnica Nacional	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformación de caña de azúcar en etanol y uso de otras materias primas y tecnologías innovadoras con este fin</li> </ul>
El Salvador	No hay una institución encargada de temas de investigación y desarrollo sobre el azúcar		
Estados Unidos	Servicio de Conservación de Recursos Natural del USDA (NRCS)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Administración de la Seguridad Agrícola (CSP)</li> <li>• Programa de Incentivos para la Calidad del Ambiente (EQIP)</li> <li>• Programa de Asistencia Técnica para la Conservación (CTA)</li> </ul>
Guatemala	Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención de variedades de caña de azúcar</li> <li>• Tecnologías en manejo integrado de plagas</li> <li>• Fertilización</li> <li>• Riego</li> <li>• Capacitación</li> </ul>
Honduras	Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de trabajos de tesis sobre:</li> <li>• Evaluación del uso de etanol en motores de combustión interna</li> <li>• Evaluación de métodos de producción alternativa de etanol a partir de yuca, suero de leche, sorgo, papa, aserrín y madera, corozo, residuos de col y el maíz</li> <li>• Evaluación del rendimiento agrícola de la caña de azúcar como cultivo económico agroindustrial</li> </ul>
	Universidad de San Pedro Sula (USPS)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción agrícola y potencial de producción de etanol a partir de la caña de azúcar</li> </ul>



País	Institución	Carácter	Líneas de trabajo
Honduras (continuación)	Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios comparativos de adaptación de variedades</li> </ul>
	Escuela Agrícola Panamericana (El Zamorano)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios de investigación sobre rendimientos de caña en diferentes zonas del país</li> </ul>
México	Red Nacional de Investigación y Desarrollo de Bioenergéticos	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo y promoción de fuentes asociadas a la producción de biocombustibles y bioenergéticos</li> </ul>
	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudios del proceso de producción (propiedades y optimización)</li> <li>Pruebas de funcionamiento de B100 en carros</li> </ul>
	Red Nacional de Investigación y Desarrollo de Bioenergéticos	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo y promoción de fuentes asociadas a la producción de biocombustibles y bioenergéticos</li> </ul>
Nicaragua	No existe un instituto de investigación para la producción de la caña de azúcar. El Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, no tiene investigación en caña de azúcar ni etanol. No se dispone de una ley que le otorgue esta competencia.		
Panamá	No existe un instituto de investigación para la producción de la caña de azúcar		
Paraguay	Campo Experimental de Caña de Azúcar de Natalicio Talavera (CECA)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción de caña de azúcar y su aporte de etanol</li> </ul>
Perú	Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles (APPAB)	Privado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción de caña de azúcar y biocombustibles</li> <li>Informes de situación y perspectivas de diez ingenios azucareros</li> </ul>
	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ayuda a la generación de tecnologías e infraestructura para la producción, comercialización y distribución de biocombustibles</li> </ul>
	Universidad Agraria La Molina (UNALM)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción de biocombustibles en prototipos de pequeña escala</li> </ul>

País	Institución	Carácter	Líneas de trabajo
Uruguay	Programa Nacional de Bioetanol (Pronabio-E)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ha estado trabajando con los municipios de Montevideo, Canelones, Maldonado y Treinta y Tres generando alianzas con los municipios de Bella Unión, Paysandú, Salto y Durazno. El programa está dirigido, fundamentalmente, al proceso de caña de azúcar para la producción de etanol</li> </ul>
Venezuela	Etanol de Venezuela	Mixto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de 17 plantas para producir 20.000 barriles diarios</li> </ul>
	Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)	Público	
	Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA)	Público	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avance importantes en proyectos de expansión con la firma en 2006 de doce acuerdos energéticos con China</li> <li>Estudios de factibilidad de futuras áreas de cultivo de caña</li> </ul>





## ANEXO 3





### Interés del Gobierno y del sector privado en impulsar programas de producción de etanol para ser usado como combustible

País	Público	Privado
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de una demanda cautiva a partir de la mezcla obligatoria de la gasolina con el bioetanol</li> <li>• Ley 26.093 establece un régimen de promoción</li> <li>• Expertos que brinden apoyo técnico al desarrollo de la industria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Compañía Azucarera Los Balcanes inauguró en 2006, en la provincia de Tucumán, el mayor complejo de destilación de alcohol en la Argentina, con capacidad de producción potencial de 350.000 litros diarios. El proyecto apunta a desarrollar un programa de exportación de etanol hacia el sudeste asiático, vía Chile, y a invertir en tecnología y equipamiento para producir alcohol a partir de almidón (maíz, sorgo dulce, etc) extendiendo así las operaciones más allá del período de zafra azucarera.</li> <li>• Adecoagro se encuentra desarrollando en la provincia de Santa Fe un proyecto de Modelo Agroenergético que integra la producción de lácteos y etanol a base de maíz, con una inversión de U S \$ 390 millones, para producir: 550 millones de litros de leche, 200 millones de litros de etanol y 70 GWatt de electricidad a base de biogás.</li> </ul>
Belice		Identificación de fuentes alternativas de combustible que podrían ser más baratas que los combustibles fósiles.
Bolivia	El Gobierno nacional ya promulgó la Ley N° 3546 del 28 de noviembre del 2006 que tiene por objetivo la creación de la Empresa “Complejo Agroindustrial de San Buenaventura” (dicho emprendimiento fue declarado como de prioridad nacional) “para la producción de azúcar, biocombustibles en base a etanol, alcohol anhidro y alcohol deshidratado, así como también la producción de palma africana para la producción de aceite y biodiésel, como fuentes de energía renovable y compatible dentro del marco de la producción ecológicamente sostenible por sus características como una empresa de carácter público social”	La destilería Guabira produce azúcar refinada, alcohol y fertilizantes. La compañía tiene alrededor de 28.000 hectáreas de caña de azúcar y una capacidad de producción de etanol de 300.000 litros por día. Recientemente anunció la segunda fase de expansión con una inversión de \$11 millones
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brasil posee el Plan Brasileño de AgroEnergía (2006-2011), el mismo que esta plenamente respaldado por el gobierno como una política de estado, brindando tranquilidad a los inversionistas y buscando alternativas para minimizar los riesgos y maximizar la eficiencia en los proyectos agroenergéticos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una muestra del interés de los países en invertir en el sector y aprovechar la experiencia de Brasil en la producción y uso del etanol es la creación de La Comisión Interamericana de Etanol.</li> <li>• Petrobras de Brasil y Mitsui de Japón anunciaron planes de invertir U S \$ 8000 millones en ampliar su capacidad para producir etanol.</li> </ul>



País	Público	Privado
Brasil (cont.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El gobierno apoyó a La Plataforma de Brasilia, en la que los países de la región Latinoamericana y del Caribe se comprometieron a que se use por lo menos el 10 % de energía renovable del consumo total energético para el año 2010.</li> <li>• Brasil anunció dentro del marco de la Conferencia Internacional sobre Biocombustibles que lanzará el Certificado Ambiental, el mismo que dará sustentabilidad ambiental, social y técnica a los biocombustibles brasileños.</li> <li>• Se esta concluyendo el corredor Norte-Sur, el mismo que ayudará a consolidar la agroindustria sucro alcohólica en los estados de Maranhao, Piauí y Tocantins.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas como Infinity Bio Energy, Cosan, Tereos, Dreyfus, Biagi, Cargill están invirtiendo en biocombustibles y cotizando sus acciones en la bolsa de Londres.</li> <li>• Mitsubishi Corp firmó un contrato de suministro a 30 años y adquirió acciones en la Usina Boa Vista.</li> <li>• Brenco (Brasil Renewable Energy Company) esta construyendo 10 usinas en el Centro Oeste del país con una inversión de sus socios de aproximadamente U S \$ 2.3 billones.</li> <li>• Según UNICA (União da Indústria de Cana de Açúcar), para el año 2012, existirán 87 nuevas usinas totalizando 412 frente a las 325 que funcionan actualmente.</li> </ul>
Chile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creación de una comisión interministerial integrada por los ministerios de agricultura, minería, energía y economía</li> <li>• Creación de un comité público-privado, encargado de elaborar una propuesta técnica, económica y legal sobre la materia</li> </ul>	Petrobrás dio a conocer su interés de invertir en una planta de etanol en Chile.
Colombia	<p>El interés del Gobierno en impulsar la producción de biocombustibles se manifiesta en las estrategias que ha planteado el ministerio de agricultura y que se resumen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Estrategia de desarrollo para el sector de los biocombustibles en Colombia</i></li> <li>• <i>Apuesta exportadora agropecuaria 2006-2020</i>. La visión estratégica señala diez grupos de productos como con gran potencial para la exportación, entre ellos: caña de azúcar, caña panelera, yuca para producir etanol y palma de aceite para biodiésel</li> <li>• <i>Agenda interna de energía</i>. Acuerdo de voluntades y decisiones entre el Gobierno, las entidades territoriales, el sector privado, los actores políticos y la sociedad civil sobre el conjunto de acciones estratégicas que el país debe realizar en el corto, mediano y largo plazo, para mejorar la productividad y competitividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE) firmó un convenio de suministro de germoplasma y asistencia técnica para la investigación y el desarrollo del sorgo dulce generados básicamente para las regiones de India, Filipinas y África</li> <li>• Petrotesting, en asocio con el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) han estudiado una planta óptima para producir etanol a partir de yuca</li> <li>• El CIAT posee un banco de genes de yuca con 6.000 variedades</li> </ul>

País	Público	Privado
Costa Rica	Desde los años 80 existe interés para la producción de etanol, tanto por parte del Gobierno como del sector privado	Actualmente el ingenio TABOGA tiene una capacidad para producir 200 mil litros diarios de etanol y el ingenio CAPSA, una capacidad de 240 mil litros diarios
Ecuador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interés por trabajar en un proceso de sustitución energética orientado al uso de energía renovable proveniente de diversas fuentes</li> <li>• Confirmación del apoyo a la ejecución del “Plan piloto de formulación y uso de gasolina con etanol anhidro en la ciudad de Guayaquil”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las principales empresas alcoholeras ecuatorianas, CODANA, SODERAL y PRODUCARGO, están interesadas en ampliar su capacidad instalada para suplir la demanda de etanol que ocurriría con el arranque del Plan de biocombustibles</li> <li>• La Unión Nacional Ecuatoriana de Productores de Caña de Azúcar (UNCE) ha solicitado al Gobierno la aprobación de la expansión de la producción de caña de azúcar</li> <li>• La EPN ha producido pequeñas cantidades de etanol a partir de residuos de madera y papel</li> </ul>
El Salvador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulso de un programa de producción y uso del etanol</li> <li>• País seleccionado entre 150 países productores de azúcar para plan piloto de Estados Unidos y Brasil para instalación de una planta productora de etanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La destilería La Cabana en Agolares trabaja 120 días al año para producir 60.000 litros de etanol por día, y tendrá el doble de capacidad para el 2007</li> </ul>
Estados Unidos	<p>El Servicio de Conservación de Recursos Natural del USDA (NRCS) tiene varios programas que regulan el uso de energía en fincas y haciendas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de Administración de la Conservación Agrícola (CSP)</li> <li>• Programa de Incentivos para la Calidad del Ambiente (EQIP)</li> <li>• Programa de Asistencia Técnica para la Conservación (CTA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En agosto de 2006 la compañía de energía alternativa Altra Inc., anuncio la inversión de \$120 millones de capital privado, con la esperanza de atraer más de \$ 250 millones de otras firmas en menos de 6 meses.</li> <li>• Esta misma compañía comenzó la construcción de una planta de producción de etanol en Ohio y recientemente adquirió la planta más grande de etanol, Goshen. Estas plantas lograrán expandir la producción en un 30%, al obtener cerca de 132,5 millones de litros al año.</li> </ul>
Guatemala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentra en vigor la Ley del Alcohol Carburante (Decreto de Ley No. 17-85, de 21/02/1985) y su Reglamento General. La ley establece normas relacionadas con la producción, almacenamiento, manejo, uso, transporte y comercialización del alcohol carburante y su mezcla</li> <li>• El Gobierno firmó la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992, acción que fue ratificada por el Congreso de la República en 1995</li> </ul>	



País	Público	Privado
Honduras	<p>El interés del Gobierno se manifiesta en la puesta en marcha de un plan en tres etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una primera fase en que los productores pusieron en marcha un proceso de aumento de la productividad</li> <li>• Una segunda fase, que ya está en ejecución, orientada a la cogeneración de energía eléctrica con el bagazo de la caña</li> <li>• Una tercera fase experimental de producción de etanol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El presidente de la Asociación Independiente de Productores de Banana, anunció que un grupo de inversionistas chinos financió un proyecto de \$30 millones por un periodo de 20 años para la producción de etanol a partir de yuca.</li> <li>• El Grupo Pellas, un grupo agroindustrial nicaragüense, anuncio la inversión de \$150 millones en Honduras, y entre los proyectos se incluye el desarrollo de 31.000 hectáreas de azúcar de caña específicamente para etanol.</li> </ul>
Jamaica	<p>Explora la posibilidad de usar combustibles alternativos, como etanol a partir de caña de azúcar para sustituir una porción de los productos de petróleo que se usan en el sector de transporte</p>	<p>En el 2005, las empresas Coimex de Brasil y Etanol de Petrojam S.A. invirtieron US\$ 10.5 millones para modernizar las refinerías y producir 50 millones de litros de etanol al año, a partir de caña de azúcar</p>
México	<p>El Gobierno del Distrito Federal ha manifestado su disposición para que, junto con el Gobierno Federal y a través de las autoridades del ramo energético, se oriente un plan piloto con el doble propósito de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar al sector cañero y a la industria azucarera; el plan consistiría en destinar un importante lote de vehículos para que utilicen gasolina mezclada con 10% de alcohol anhidro</li> <li>• Establecer un programa de seguimiento que verifique las emisiones y el rendimiento de esos motores y evalúe las partes susceptibles de desgaste (elastómeros)</li> </ul>	
Nicaragua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay interés en impulsar programas de producción y uso de etanol</li> </ul>	<p>El sector privado está interesado en impulsar un programa de producción de etanol, por iniciativas propias. El Ingenio San Antonio realizó la primera exportación de 3 millones de litros de etanol a Europa</p>
Panamá	<p>El Gobierno nacional a través del Ministerio de Comercio e Industrias (MICI) redactó el documento Política Nacional de Hidrocarburos y Energía Alternativa (2005) dentro del marco de la Ley N°. 8 del 16 de junio de 1987, que reúne los elementos necesarios para la identificación y formulación de lineamientos, objetivos, programas, proyectos, acciones y medidas relacionados con el sector energético, a fin de lograr un mayor desarrollo económico y social; así como parámetros sobre los instrumentos y medidas que deben implementarse en el corto, mediano y largo plazo.</p>	<p>El tema de los biocombustibles se ha desarrollado poco pero para productores e inversionistas es un punto fundamental para la redistribución del etanol en las exportaciones.</p>

País	Público	Privado
Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promulgación de la Ley de Fomento de los Biocombustibles</li> <li>• Creación de un grupo de trabajo para estudiar la factibilidad técnica y económica de los biocombustibles, mediante decreto No. 12.111</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de un Plan de Fomento del Biodiésel</li> <li>• Producción de biocombustibles</li> </ul>
Perú	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discusión sobre los incentivos que deben implementarse para promover la producción de biocombustibles y el consiguiente abastecimiento del mercado local</li> <li>• Establecimiento de un marco legal para la promoción de biocombustibles a través de dos instrumentos: la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles (PMB) y la Ley del Decreto Supremo 03</li> </ul>	<p>Inversiones importantes en etanol:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El grupo Romero compromete 100 millones de dólares</li> <li>• La empresa Maple se compromete a invertir 100 millones de dólares</li> <li>• El grupo Gerco ya construyó una planta y se encuentra negociando la adquisición de terrenos</li> </ul>
Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Gobierno está interesado en impulsar un programa de biocombustibles. En la Asamblea se discute un Proyecto de Ley</li> <li>• El Gobierno creó la Comisión Nacional de Biocombustibles, conformada por autoridades interinstitucionales, para que aconsejen, en el marco de las políticas de Estado, en aspectos relacionados con la producción y el uso de biocombustibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversionistas alemanes y canadienses planean invertir \$45 millones en una planta de etanol en Treinta y Tres, la planta podría utilizar la cascarilla del arroz, que normalmente se desechaba como desperdicio</li> </ul>
Venezuela	<p>Hasta la fecha no se han adelantado acciones en materia de legislación para la bioenergía; sin embargo hay algunas leyes vigentes relacionadas con el tema, entre ellas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La Ley Orgánica de Hidrocarburos</li> <li>– La Ley Penal del Ambiente</li> <li>– La Ley de Vigilancia para Impedir la Contaminación por Petróleo</li> <li>– La Ley del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas</li> <li>• El Plan 474 de caña de azúcar para la construcción de las destilerías necesarias para la producción de etanol. De acuerdo con esto, el Gobierno intenta asignar \$900 millones a 5 años para la producción de etanol</li> </ul>	



