

# EL ETANOL

COMO VECTOR DE  
DESARROLLO:  
Desafios y  
Oportunidades

2/12/2013

# EL ETANOL

COMO VECTOR DE  
DESARROLLO:  
Desafíos y  
Oportunidades

Por solicitud de la Presidencia de la República, este documento fue elaborado por la Dirección de Planeamiento del BNDES – Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social –, a partir de insumos de la Casa Civil, del Ministerio de Agricultura, del Ministerio de Minería y Energía y del NIPE/Unicamp.

## 1. Energía renovable y desarrollo

En virtud de las características naturales de su territorio y de su larga experiencia agrícola e industrial en el sector azucarero y alcoholero, Brasil ocupa una posición internacional relevante en el segmento de biocombustibles y deberá continuar siendo uno de los líderes mundiales de la producción de etanol y del progreso técnico a él asociado.

El presente documento tiene como objetivo presentar la estrategia brasileña para el etanol, que consiste en utilizarlo como uno de los vectores del proceso de desarrollo del país a largo plazo. El texto está organizado en sintéticas secciones temáticas, que presentan las evidencias y los argumentos que sostienen la construcción de esta estrategia. La ocupación de la tierra y la oferta de alimentos, la energía, el medio ambiente, el trabajo y el desarrollo tecnológico son los temas tratados aquí, incluyendo una delimitación de la estrategia del país y sus metas.

Considerando las energías renovables como un agente de desarrollo, cabe a Brasil aprovechar las oportunidades que se le presentan a partir de la asociación entre la dotación natural de recursos y la extensión territorial del país, el progreso tecnológico y los potenciales beneficios ambientales de la producción de etanol. Pocos países del mundo, como Brasil, tienen la capacidad de promover un desarrollo en bases más sustentables, así como también de usar el camino de la sustentabilidad como un medio de desarrollo económico y social.

El Gobierno Federal está implementando una estrategia, en conjunto con el sector privado, la universidad y la sociedad civil, con el objetivo de estimular, de forma competitiva y sustentable, la economía de la bioenergía en Brasil. Esta estrategia reconoce e incorpora desafíos asociados al medio ambiente, de forma que Brasil pueda ser reconocido como un promotor de la sustentabilidad nacional y mundial.

De manera más amplia, se debe reconocer que el propio éxito de la economía de la biomasa, cuyo gran impulsor en la actualidad es la bioenergía, contiene reales y amplias posibilidades de desarrollo para diversas industrias, como las de bienes de capital, químico-alcoholera, automotriz, aeronáutica<sup>1</sup>, alimenticia, farmacéutica, del plástico y de protección del medio ambiente. En ese ámbito, la investigación y el desarrollo tecnológico son fundamentales. En el campo de la bioenergía y de la biomasa las competencias básicas a desarrollar para sostener este esfuerzo están en las áreas de la tecnología de la información, la nanotecnología y la biotecnología. Esas mismas especialidades, y su desarrollo y aplicación, son también aquellas indispensables al progreso de la agroindustria y de las actividades de protección ambiental.

Estas son las perspectivas a largo plazo que orientan el establecimiento y la implantación de la estrategia brasileña para el desarrollo de la bioenergía y de la economía de la biomasa, que buscará:

- la consolidación del liderazgo en etanol,
- el desarrollo de etanol lignocelulósico,
- el desarrollo de la agro biotecnología y la nanotecnología, y
- el desarrollo de industrias correlatas.

## 2. La industria del etanol: su contexto

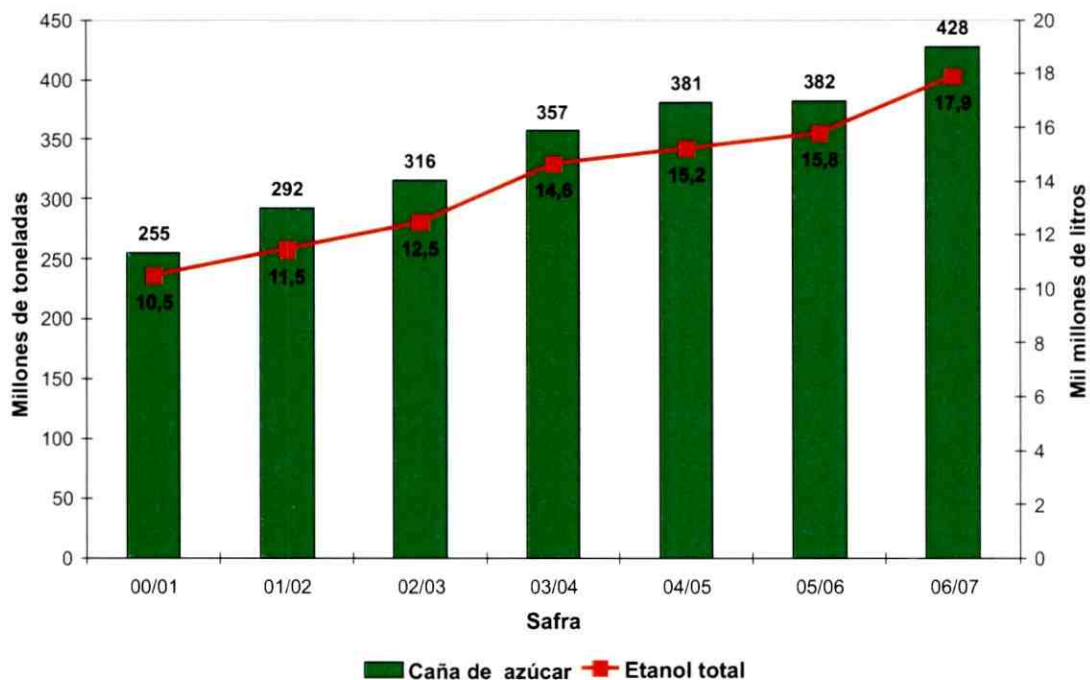
La industria del etanol se encuentra bastante desarrollada en Brasil, considerando tanto las características naturales de su territorio y su larga experiencia agrícola e industrial en el sector del azúcar y el alcohol.

<sup>1</sup> La industria aeronáutica brasileña ya desarrolló la primera aeronave propulsada 100% por alcohol hidratado, la Ipanema (EMB-202). El EMB-202 recibió los premios internacionales "Flight International" en la categoría Aviación General (Junio/2005) en París y el "Scientific American 50" (Diciembre/2005) como uno de los mejores inventos del año en el mundo. También fue anunciado el desarrollo de la primera aeronave con tecnología Flex-Fuel, en asociación con una empresa italiana.

En 1925 fueron realizadas las primeras pruebas utilizando etanol mezclado con gasolina. Sin embargo, esta industria brasileña logró un impulso a partir de 1975, con el lanzamiento del Programa Nacional para el Alcohol (Pro alcohol). Este programa tuvo como objetivos: (i) introducir en el mercado la mezcla obligatoria gasolina / etanol e (ii) incentivar el desarrollo de motores exclusivos de etanol. En la segunda mitad de la década de 1990 fueron adoptadas diversas medidas de flexibilización de la regulación del mercado de combustibles, hasta culminarse, en 2002, la liberación de precios en toda la cadena de producción y comercialización.

En los años 2000, se inició la producción de vehículos flex-fuel, que permiten el uso de la mezcla de alcohol y gasolina en cualquier proporción. Actualmente, nueve montadoras multinacionales de automóviles, instaladas en el país, producen 100 modelos diferentes de vehículos flex-fuel. Entre 2003 y 2007 fueron vendidos 3,55 millones de vehículos flex, elevando su participación para 89,3% dos automóviles vendidos en el primer semestre de 2007. El creciente uso de vehículos flex afectó la evolución de la producción de caña de azúcar y etanol. Como se puede observar en el Gráfico 1, la producción de etanol aumentó 70% en los últimos seis años.

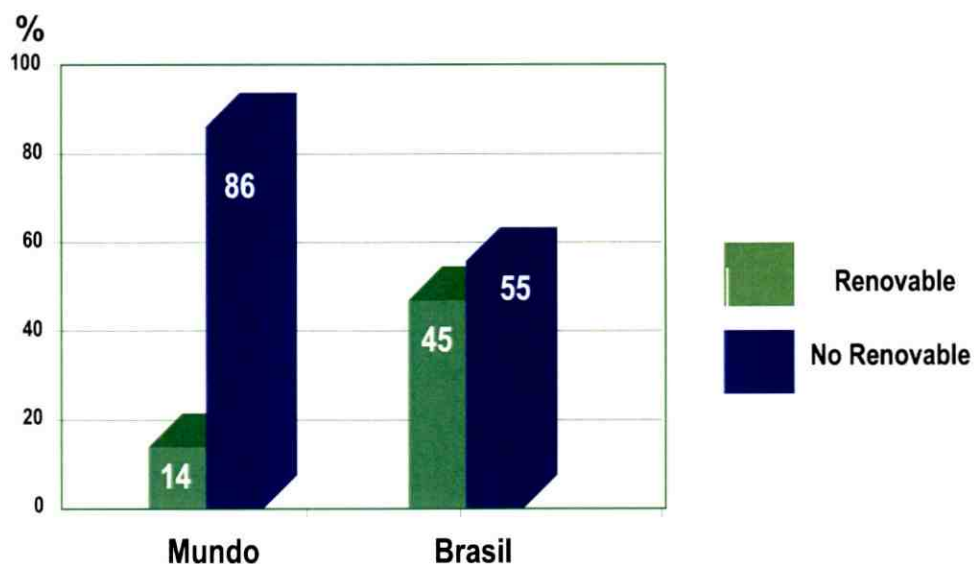
**Gráfico 1: Evolución de la producción de caña de azúcar (en millones de toneladas) y de etanol (en mil millones de litros) – 2000 a 2006**



Fuente: DCAA/SPAE/MAPA

Esta expansión de la industria se refleja en la elevada participación de las energías renovables en la matriz energética brasileña:

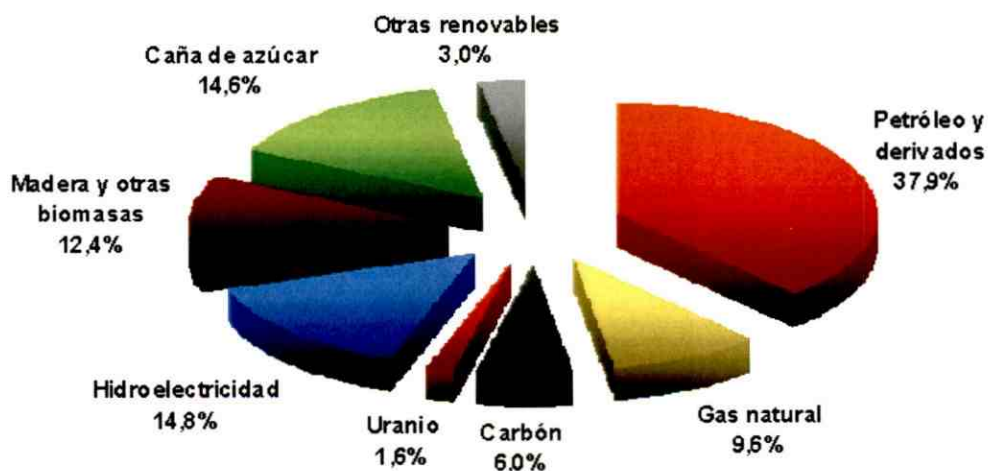
Gráfico 2: Matriz energética 2006 – Brasil y Mundo



Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Balance Energético Nacional (2007)

La energía de la caña de azúcar es responsable por un tercio de las fuentes renovables. Entre las fuentes renovables, la caña de azúcar respondió, en 2006, por 14,6% de la matriz energética, después de la hidroelectricidad (14,8%) (Gráfico 3).

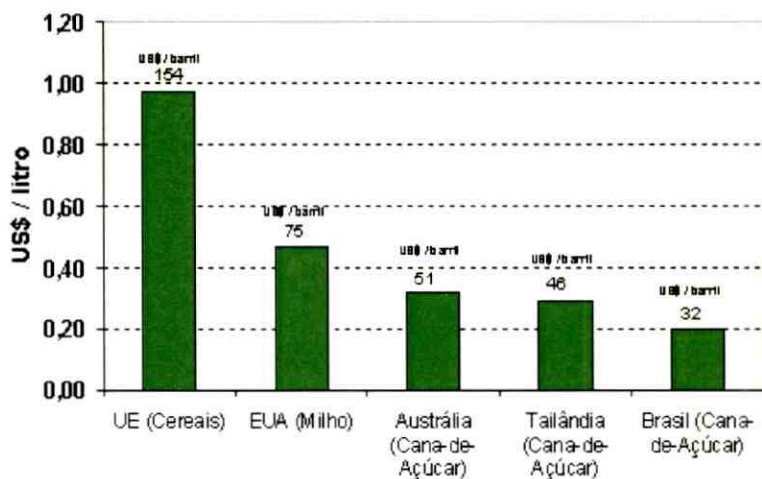
Gráfico 3: Matriz energética brasileña – 2006



Fuente: Ministerio de Minas y Energía – Balance Energético Nacional (2007)

Vale destacar que la expansión de la industria brasileña del etanol ocurrió sobre bases competitivas, conforme demuestra el Gráfico 4.

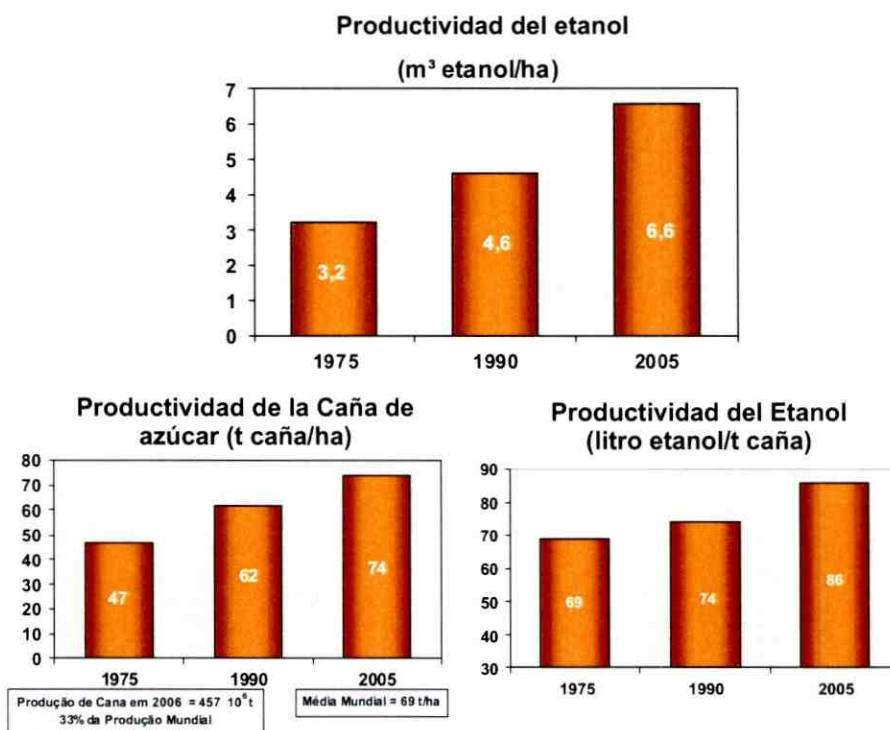
**Gráfico 4: Custo de produção del etanol**



Fuente: DATAGRO (in "New trends to the ethanol supply chain in Brazil", Simoes, R.B., Master Thesis, Universiteit Van Tilburg, Holanda, Jul-2006)

Esta competitividad se origina en la experiencia acumulada por el país en la producción sistemática de etanol a lo largo de más de 40 años. El resultado fue un expresivo aumento de productividad con el pasar del tiempo, tanto en el cultivo de la caña de azúcar, como en la industria de procesamiento y obtención del etanol.

**Gráfico 5: Productividad del etanol – 1975 a 2005**



La Tabla 1 sintetiza los principales indicadores de la industria de etanol en 2006:

**Tabla 1: Indicadores de la industria de etanol en 2006**

Área cultivada	3 millones de hectáreas
Empleos en la zafra*	1 millón
Empleos directos e indirectos*	3,6 millones
Centrales/destilerías	355
Capacidad de producción	20 mil millones de litros
Producción	18 mil millones de litros
Puestos de revenda	95% del total
Exportación	3,4 mil millones de litros

Fuente: MAPA, MME, MDIC

\* Las estadísticas de empleo incluyen la totalidad de la mano de obra involucrada en el cultivo y procesamiento de la caña de azúcar en unidades mixtas produciendo azúcar y etanol.

Hay que enfatizar que la utilización del etanol como biocombustible también se discute en otros países. Muchos de ellos ya han definido metas para la reducción del consumo de gasolina y para la utilización de etanol, según los datos de la Tabla 2.

**Tabla 2: Perspectivas del uso de etanol en diversos países**

País	Metas
EE.UU.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La legislación vigente prevee la utilización de por lo menos 28,35 miles de millones de litros de biocombustibles a partir de 2012. Mientras tanto, el gobierno lanzó el desafío de reducir el consumo de naftas en un 20% en un plazo de 10 años (5% a través de mayor eficiencia energética y racionalización en el uso y 15% a través de la sustitución por etanol). La iniciativa representa una demanda potencial de 80 mil millones de etanol por año.</li> <li>• Parte de esta demanda será atendida por la importación. El Caribe exporta etanol a los EE.UU. en el contexto de la Iniciativa de la Cuenca del Caribe (CBI), con una participación de hasta el 7% del consumo doméstico de Estados Unidos.</li> </ul>
Unión Europea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La meta para 2010 es alcanzar 5,75% de consumo de renovables.</li> <li>• La tendencia es la producción interna, aunque se importe, preferencialmente materia prima.</li> </ul>
China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La meta para 2020 es alcanzar un consumo de 16 mil millones de litros de alcohol y 5,5 mil millones de litros de biodiesel, ante una producción de 5,3 mil millones de litros de alcohol en 2006.</li> </ul>
India	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mezcla de 5% de etanol en la gasolina (E5) es obligatoria en 10 estados (400 millones de litros de alcohol)</li> </ul>
Japón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La meta es usar E10 en 10 años.</li> <li>• La meta para 2030 es reducir la dependencia del petróleo de 98% para 80%.</li> </ul>
Perú	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La meta es utilizar E7,8 en 2010 (107 millones de litros)</li> </ul>
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El E10 es obligatorio.</li> </ul>

Fuente: Casa Civil

### 3. Disponibilidad de tierras y oferta de alimentos

En el debate acerca de la producción de etanol, se insiste en apuntar una eventual competencia entre la caña de azúcar y los alimentos y sobre eventuales efectos de la expansión del cultivo de

la caña de azúcar sobre el medio ambiente, especialmente sobre los ecosistemas que caracterizan la región Amazónica y el Pantanal.

Esta preocupación es relevante pero puede ser minimizada caso el proceso de expansión sea correctamente conducido y planificado. Brasil todavía posee tierras disponibles y la estrategia del país será implementada de manera tal que la expansión de la producción de caña de azúcar y etanol ocurra sin comprometer el medio ambiente y la producción de alimentos.

El debate acerca del conflicto entre la producción de biocombustibles y la oferta de alimentos es bastante intenso en otros países. En los Estados Unidos el aumento de la producción de etanol, que ocurre por el uso del maíz, viene utilizando cantidades cada vez mayores del grano y los efectos ya se han hecho sentir en los precios del maíz.

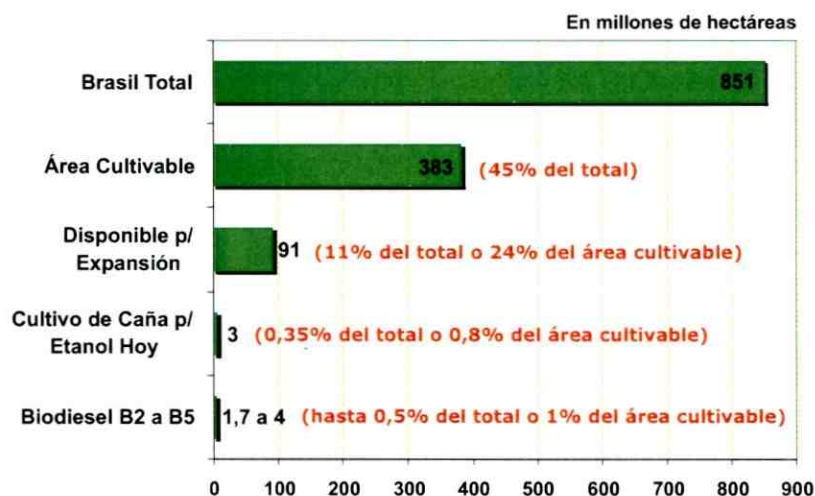
En Europa es muy probable que también se repita esta situación. Varios países, entre ellos Suecia y Alemania, están considerando el aumento de la producción de etanol a partir del trigo. En Francia, la producción de etanol tiene como base el melado de la remolacha.

La inserción de este tema en el debate brasileño es fruto de esta realidad de los países desarrollados. Sin embargo, el contexto brasileño es diferente.

Actualmente, la caña de azúcar está en 4º lugar en territorio utilizado para actividades agropecuarias en Brasil y 14º lugar en el Mundo (FAO, 2003). En Brasil el área agrícola es ocupada principalmente por pasto. Después de la pecuaria, las cosechas de soja y maíz son las otras actividades que más tierra demandan.

Hay que destacar que, a pesar de la amplia disponibilidad de tierras, la producción brasileña de cereales se ha incrementado a través de aumentos en la productividad. De la cosecha de 1990/91 a la cosecha de 2006/07, la producción de granos creció de 57,9 millones de toneladas a 130,5 millones, mientras que el área sembrada pasó de 37,9 millones de hectáreas a 46 millones. Esto significa un aumento en la productividad en el período de 85% (Fuente: CONAB-MAPA).

**Gráfico 6: Brasil – áreas cultivables**



Fuente: Casa Civil

El Gráfico 6 presenta datos de las áreas cultivables brasileñas. Está demostrado que la caña de azúcar es un cultivo que ocupa poca tierra. A pesar de ser la cuarta actividad en ocupación de

tierras en Brasil, la caña de azúcar responde por apenas 0,35% del área total y 0,8% del área cultivable. No obstante, la expansión de la producción exigirá la incorporación de nuevas áreas.

Conforme datos del Ministerio de la Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento, la disponibilidad nacional de tierras aptas para la agricultura hoy es de 91 millones de hectáreas. Por otra parte, hay cerca de 200 millones de hectáreas ocupadas por pasto, de las cuales 50 millones de hectáreas son de campos de pastos degradados. Además de esto, hay que considerar que la pecuaria brasileña presenta un gran potencial de crecimiento de su productividad, lo que permite el aumento de la densidad de ocupación y liberación de áreas de pasto para otros cultivos.

Esto permite concluir que hay espacio suficiente para expansiones adicionales y significativas de la caña de azúcar. Las perspectivas son todavía más optimistas cuando se considera el progreso técnico esperado, con la incorporación del uso, casi en su totalidad, de la biomasa de la caña de azúcar para la producción de etanol, lo que puede reducir drásticamente las exigencias de espacio para su producción.

En resumen, considerando la disponibilidad de tierras en Brasil, es muy poco probable que ocurra una competencia entre los cultivos para bioenergía y la producción de alimentos, típica de otros países.

#### **4. La división zonal agro ecológica y el sello socio ambiental**

A pesar de la disponibilidad de tierras cultivables, es necesario considerar el tipo de ocupación del territorio disponible y los problemas de expansión relacionados al perfil de la ocupación de ecosistemas específicos (la Amazonia, el Cerrado, el Pantanal etc.). En ese sentido, la expansión de la producción de etanol debe seguir parámetros de preservación, sustentabilidad y de recuperación de los ecosistemas brasileños.

Como se ha visto antes, la expansión deberá ocurrir preferencialmente en áreas de pasto o en áreas sin su cobertura vegetal original. Aun así, como orientación para la ocupación de territorio, Brasil utiliza instrumentos de delimitación de áreas protegidas, de Análisis Ambiental Integrada y, principalmente, de División Zonal Ecológico-Económica (ZEE).

Vale destacar que las actuales variedades de caña, que serán utilizadas ampliamente en los próximos 4 a 5 años, requieren condiciones de suelo y clima que no se encuentran en ecosistemas como los que predominan en la Amazonia y el Pantanal. Se trata, por tanto, de una barrera natural hoy.

Por otra parte, el cultivo de la caña de azúcar eventualmente podría causar el desvío de otros cultivos. Por ejemplo, la presión causada por el aumento de la demanda de etanol podría inducir la expansión del cultivo de la caña en áreas que son plantadas de soja hoy día, haciendo que la soja tenga que buscar espacio en las regiones de la frontera agrícola. No existen, sin embargo, evidencias que demuestren este fenómeno. Pero como existe una gran disponibilidad de tierras cultivables, este desplazamiento puede ocurrir sin afectar ecosistemas sensibles o amenazar áreas preservadas.

De todas formas, se debe tener en cuenta que en 5 o 6 años, las variedades de caña de azúcar se podrán sustituir por variedades con menos sacarosa y mayor cantidad de humedad. Esto podría representar una amenaza a las regiones cercanas o limítrofes de ecosistemas a ser preservados aunque la baja concentración de sacarosis eleve los costos de transporte y procesamiento industrial.

Queda claro que la División Zonal Ecológico-Económica es fundamental para que la expansión de la producción de etanol se lleve a cabo garantizando la conservación y sustentabilidad de los ecosistemas brasileños.

En ese aspecto, Brasil posee una división agro-económica por zonas para apoyar el proceso de expansión de la producción de etanol. La constitución y uso de mapas con descripciones y análisis del potencial de las regiones para el cultivo de las principales variedades de caña de azúcar, son instrumentos de esta política. Estos mapas distinguen 4 tipos de áreas:

- (i) Áreas donde ya se planta caña de azúcar y se produce etanol
- (ii) Regiones incentivadas
- (iii) Regiones aptas para la plantación, considerando aspectos agro-climáticos
- (iv) Áreas con restricción por razones ambientales o legales

Además de la división agro-ecológica, Brasil está creando un sello socio ambiental que, entre diversos requisitos ambientales y laborales, incluye el licenciamiento y la resolución de pasivos ambientales. Los demás aspectos socio ambientales que deben ser alcanzados para la obtención del sello serán abordados más adelante.

Este cuidado en el perfil de la ocupación de nuevas áreas podrá ser combinado con la vinculación de proyectos de expansión de la zafra de la caña a la preservación de las matas ciliares (florestas que acompañan las orillas de los ríos) y reservas legales. En relación a las áreas ya ocupadas, será exigida la reforestación.

La participación del sector productivo y los órganos licenciadores es un factor decisivo en la recuperación de las Áreas de Preservación Permanente (matas ciliares, nacimientos de ríos, topes de montañas, alrededores de lagos, lagunas, etc.) y de áreas de reservas legales. Las reservas legales corresponden a un porcentual del inmueble rural que se destina a reservas forestales. Normalmente este porcentual es de 20%, aunque puede alcanzar el 80% en la región de la Amazonia Legal y representa 35% en áreas del Cerrado de esta región.

Brasil se está preparando para que los órganos ambientales establezcan, en asociación con los sectores productivos, procesos dirigidos al cumplimiento de los requisitos legales de mantenimiento y cobertura forestal. Las licencias de proyectos agroindustriales incorporarán tales procesos, con beneficios ambientales como la disponibilidad de recursos hídricos, el control de la erosión, la reducción de la sedimentación y el mantenimiento de la biodiversidad.

Estas medidas, además de un efecto ambiental positivo, garantizarán el papel del etanol brasileño como un agente de reforestación de especies nativas de Brasil.

## **5. Generación y eficiencia energética**

Uno de los grandes desafíos de la expansión del etanol en Brasil es la implantación de unidades (i) con mayor eficiencia y (ii) con potencial de comercializar excedentes de energía eléctrica resultante de cogeneración a partir del bagazo o de la paja. De esta forma, la expansión de la producción de etanol también contribuye para generar electricidad en el país.

Alrededor de dos tercios de la energía total obtenida por la caña proviene del bagazo y de la paja. Con el aprovechamiento de esta biomasa y con el aumento de la eficiencia en el consumo de vapor en las plantas industriales, más energía eléctrica se va a poder generar para vender externamente.

La Tabla 3 presenta los principales datos sobre la generación de energía a partir del bagazo de la caña. Actualmente, la capacidad instalada de las termoeléctricas que utilizan el bagazo de caña como combustible es de 2,8 mil MW. Pero dependiendo de la tecnología y de la cogeneración adoptada, se estima que la capacidad instalada de generación de excedentes de energía eléctrica podrá llegar hasta 20 mil MW.

**Tabla 3: Generación de energía a partir del bagazo de caña**

Capacidad instalada de las termoeléctricas	20,9 mil MW (21% del total)
Capacidad instalada de las termoeléctricas utilizando bagazo de caña	2,8 mil MW, siendo: – 554 MW exclusivamente para auto-producción – 2,1 mil MW para producción independiente de energía
Potencial estimado para la capacidad instalada	20 mil MW
Comercialización de energía	1234 MWh en las subastas de energía eléctrica entre diciembre de 2005 y julio de 2007

Fuente: ANEEL (2007)

Para que este potencial sea aprovechado, está siendo construido un ambiente institucional con reglas que favorecen la cogeneración y estimulan la implantación de proyectos con tecnología de punta, mecanización (que permite la recolección y aprovechamiento de la paja) y que tengan como objetivo la cogeneración de energía eléctrica. A través de la regulación y condiciones crediticias más favorables, los empresarios están siendo incentivados a adoptar calderas-turbina de 60 a 90 Bar, cuya presión de operación permite el uso más eficiente del bagazo.

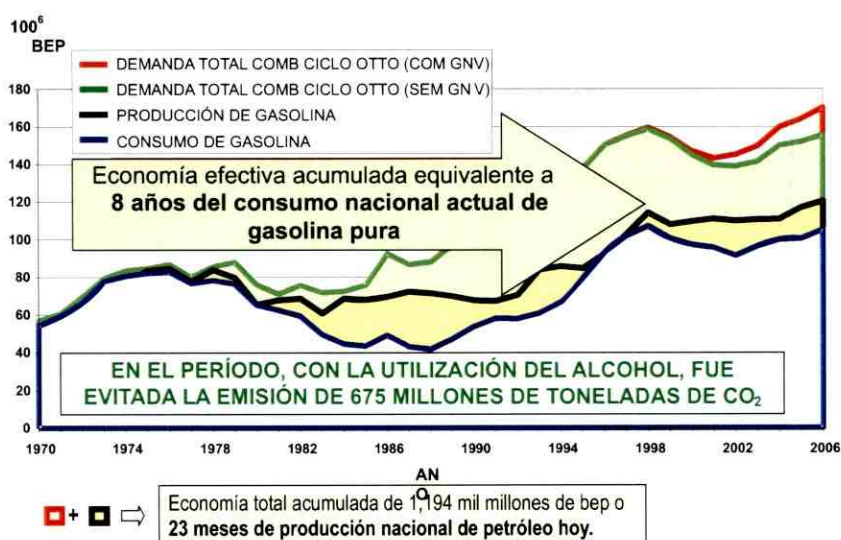
## 6. Emisiones de gases de efecto invernadero y balance energético

El etanol y el bagazo de caña han contribuido a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEE) en el país. El etanol sustituye a la gasolina y el bagazo sustituye a los combustibles fósiles para la generación de vapor, que se usa como energía térmica en el proceso de producción del etanol, como energía mecánica, en accionamientos, y como energía eléctrica.

Actualmente se estima que las emisiones evitadas por la sustitución de la gasolina (con 25% de alcohol anhidrido) por el alcohol y por la sustitución del petróleo por el bagazo excedente son de 2,6 t CO<sub>2</sub> equivalente por m<sup>3</sup> de etanol anhidrido y 1,7 t CO<sub>2</sub> equivalente por m<sup>3</sup> de alcohol hidratado.

Solamente por la utilización de alcohol como combustible, Brasil ya evitó la emisión de 675 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, según muestra el Gráfico 7.

**Gráfico 7: Demanda de combustible para vehículos**



Fuente: MME – BEN

En cuanto al balance de energía total en la producción de etanol a partir de caña, Brasil actualmente presenta una relación producción de energía renovable/insumo fósil igual a 8,3. Para la caña esta relación es de 8,0 (cosecha mecanizada) a 9,0 (cosecha manual), valores promedio para el Centro-Sur. La Tabla 4 presenta la composición del balance energético de la producción de etanol en Brasil y sus perspectivas.

**Tabla 4: Balance energético de la producción de etanol – 2004 y 2020**

	Valores Promedio (MJ/tc)			
	2004		2020	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Agricultura	201,7		191,0	
Industria	49,4		43,1	
Etanol producido		1920,9		1919,7
Bagazo / Paja		169,6		0,0
Electricidad excedente		0,0		776,5
<b>Total</b>	<b>251,1</b>	<b>2089,5</b>	<b>234,1</b>	<b>2696,2</b>
<b>Producción / Consumo</b>	<b>8,3</b>		<b>11,5</b>	

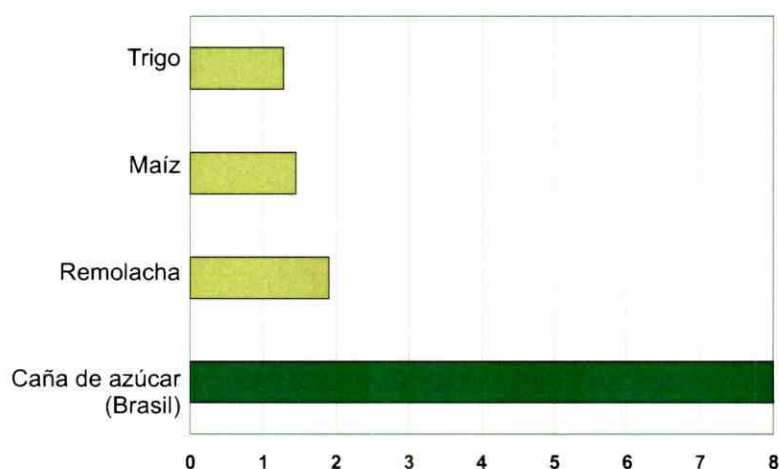
Fuente: Macedo, 2004 y Seabra, 2006

Obs.: MJ/tc = Mega joule por tonelada de caña de azúcar.

No hay, actualmente, ningún otro sistema de producción que esté cerca de estos valores. Esta misma relación para la producción de etanol a partir de maíz en EE.UU. es un poco más contro-

vertida, oscilando entre 1,1 y 1,4. El Gráfico 8 muestra el balance energético en la producción de etanol a partir de diferentes materias primas.

**Gráfico 8: Balance energético de la producción de etanol en 2006**



Fuente: F.O.Licht (2006)

La relación es mucho mejor para la caña de azúcar, pues esta permite el aprovechamiento del bagazo, que no es posible en el caso del maíz. La introducción de calderas operando a presiones más elevadas, aliada al aprovechamiento energético de la paja, viabiliza un aumento sustancial de la oferta de excedente de electricidad en el sector, pudiendo hacer que la relación producción de energía renovable/insumo fósil llegue a un valor situado entre 11 y 12.

En síntesis, el uso del etanol es una forma importante de evitar emisiones de gases de efecto invernadero. En lo que respecta a la producción de etanol a partir de caña de azúcar, ella posee el balance energético más favorable entre todas las materias primas. La energía obtenida es 8,3 veces mayor que la energía consumida en el proceso productivo.

## 7. Enfrentando los desafíos socio ambientales

No hay duda de que las prácticas antiguas no satisfacen las exigencias de la moderna industria del etanol y Brasil está comprometido a mejorar continuamente los indicadores económicos, ambientales, sociales, energéticos de la producción de caña y de etanol.

Históricamente las fábricas de azúcar y alcohol presentan tres fuentes principales de contaminación: (i) la quema de la caña, (ii) las emisiones atmosféricas de las unidades de generación de calor y electricidad a partir del bagazo y (iii) las emanaciones líquidas, principalmente las aguas de lavado y las que provienen de las destilerías, como la Vinhaça, un residuo industrial rico en materia orgánica. Adicionalmente, hay impactos ambientales sobre los recursos hídricos y debido al uso de fertilizantes y defensivos.

### a) Vinhaça

Las fábricas más modernas del sector de azúcar y el alcohol han presentado gran capacidad de enfrentamiento de esos problemas al conseguir aprovechar en el proceso productivo subproductos anteriormente descartados.

Hace treinta años, el problema ambiental más visible de la producción de etanol era la vinhaça, un subproducto ácido que se desechaba en las aguas y fue el responsable por altos niveles de polución en los ríos del Sudeste y del Noreste. Actualmente, la vinhaça se utiliza como fertilizante en la agricultura. Teniendo en vista los límites para este uso – relacionados o no a los suelos y sus capas – una alternativa es la biodigestión de la vinhaça para la producción de biogás. Este combustible podrá ser aprovechado para fines térmicos o para la generación de energía eléctrica.

#### b) Quemadas

Con relación a las emisiones atmosféricas, los gobiernos estaduais de Brasil vienen estableciendo plazos para poner fin a las quemadas en los campos de caña de azúcar, las cuales generan grandes cantidades de material particulado. En el estado de Sao Paulo, el plazo fue anticipado de 2001 para 2014 en las áreas con uso de máquinas y para 2017 todas las cosechas deberán recogerse sin quemar. Las técnicas más modernas de la cosecha de la caña son mecanizadas y dispensan la quema.

En lo que se refiere a la quema del bagazo, el Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) publicó la resolución nº 382/06 en enero de 2007, para reglamentar la emisión atmosférica de fuentes fijas. Se establecieron criterios de monitoreo, así como estándares y límites de emisión de partículas, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono.

#### c) Uso del agua

También merece destaque la importancia de la reducción de la captación de agua por parte de las plantas industriales, principalmente por la disminución del lavado de la caña, así como por el cierre de los circuitos de agua.

Un programa de reducción de captación de agua, motivado por acciones restringidas (incluso cobro por su uso) y basado esencialmente en la optimización de procesos (uso de lavado a seco) y reutilización interna, podrá reducir de 5 m<sup>3</sup> a 1 m<sup>3</sup> el volumen de agua captada para el proceso de cada tonelada de caña, según la estimativa de NIPE/Unicamp.

#### d) Uso de fertilizantes

Con la evolución tecnológica, es esperada una reducción de la cantidad de fertilizantes químicos, ya que el insumo llega a representar el 35% del costo de producción. El promedio actual de utilización es de 200 kg de NPK por hectárea de caña (EMBRAPA, 2006). El principal insumo es el nitrógeno y existe un gran esfuerzo de investigación para el desarrollo del proceso de fijación biológica de ese nutriente, tal como ocurre con las leguminosas.

### **Sello socio ambiental**

Con la finalidad de garantizar estándares socio ambientales adecuados para la producción de bioetanol, Brasil está creando el Sello Socio ambiental. Este sello será concedido a los productores que cumplan los siguientes requisitos:

Ambientales:

- Licenciamiento, planteamiento de los pasivos ambientales y soluciones ambientalmente responsables;
- Uso racional del agua, la energía y la sustentabilidad de los demás recursos naturales;
- Reducción de la emisión de gases contaminantes y causadores del efecto invernadero;

- Preferencia para las áreas ya ocupadas, con baja productividad y/o ambientalmente degradadas.

Laborales:

- Adhesión a la convención colectiva nacional que tiene como objetivo establecer la formalización del trabajo, respeto a la legislación y estándares de salud, transporte entre otros, para los trabajadores. Se destaca que especificidades regionales tendrán sus cláusulas adicionales.

De este modo, el sello indicará cuáles son los productores que atienden a los estándares socio-ambientales, involucrando criterios sobre la sustentabilidad, las condicionantes laborales y los requisitos ambientales.

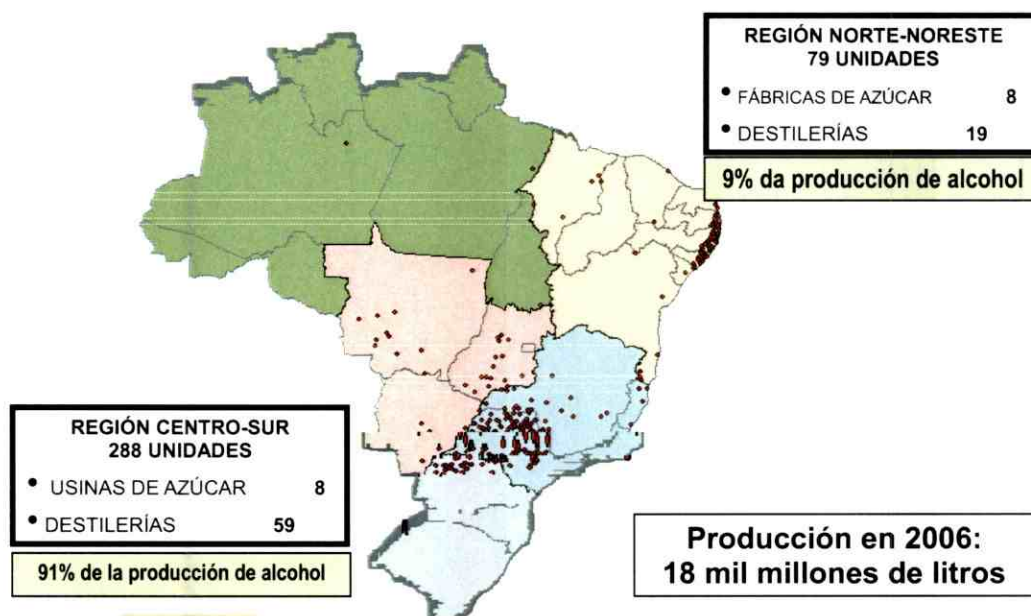
La expectativa es que el Sello Socio ambiental se transforme en un diferencial importante para los productores, reforzando el compromiso del gobierno y del sector privado brasileño con la búsqueda de alternativas socio-ambientales sustentables. Se espera con esto otorgar seguridad a los socios extranjeros fortaleciendo el proceso de construcción de un Mercado internacional de etanol combustible.

## 8. Impactos socioeconómicos y desarrollo regional

Producir biocombustibles es también una oportunidad para elevar la renta, reducir las desigualdades y promover el desarrollo del país.

En Brasil, la producción de caña de azúcar y de etanol se concentra en el estado de São Paulo (alrededor de 65% de la producción) y en la región centro-sur como un todo (alrededor de 85% de la producción), según muestra la siguiente figura.

**Figura 1: Mapa de ubicación de las fábricas en Brasil**



Fuente: MME, MAPA, UNICA (2007)

La expansión de la caña ocurre más en la región centro sur, principalmente en el triángulo “mineiro” (Minas Gerais), el sur de Goiás y Mato Grosso do Sul. Sin embargo, existen áreas adecuadas a la expansión de caña de azúcar en las regiones Centro Oeste, Noreste y Norte.

Como la producción de etanol tiene reflejos significativos en la expansión de la renta, en la generación de empleos<sup>2</sup> y de excedentes de energía eléctrica, en el caso de que la expansión de la producción ocurra en las regiones Noreste y Centro Oeste favorecerá a reducir las desigualdades en Brasil. Los efectos directos e indirectos se concentrarán en los mercados locales, aunque la región Sudeste tenga bastante influencia en los efectos indirectos e inducidos de la cadena productiva, visto que esta es la región más desarrollada del país.

Considerando el potencial de generación de renta, es de esperarse también un aumento de la renta per cápita en las regiones más pobres del país que produzcan etanol. De esta manera, la producción de etanol favorecería la reducción de las disparidades regionales de la distribución de la renta.

## **9. Etanol: Una commodity en el futuro**

A pesar de su posición privilegiada en la producción de etanol, está claro para Brasil que es necesario crear mecanismos para que otros países también se conviertan en productores y consumidores de etanol.

Los gobiernos de Brasil, China, India, África del Sur, Estados Unidos y de la Unión Europea lanzaron el Foro Internacional de Biocombustibles, en marzo de 2007. Esta iniciativa parte de la visión de que es necesario profundizar la cooperación internacional para fomentar el diálogo entre grandes productores y consumidores de biocombustibles con vista a contribuir al aumento y a la eficiencia de la producción en escala global.

El Foro durará un año y está estructurado en reuniones regulares entre los participantes, con el establecimiento de grupos de trabajo para examinar temas de interés conjunto. Se abordarán los siguientes temas:

- Desarrollo de estándares y normas internacionales para biocombustibles.
- Infraestructura y logística
- Aspectos relacionados al comercio internacional de los productos
- Intercambio de información sobre progresos científicos y tecnológicos (biocombustibles de segunda y tercera generación) y
- Iniciativas para la organización de una Conferencia Internacional de Biocombustibles en 2008, en Brasil.

El objetivo de crear un mercado internacional para el etanol es relevante. Aunque el etanol tiene un gran potencial de comercialización, él no es un producto con parámetros definidos, de manera que se pueda comercializar en las bolsas. Para que el etanol se transforme en commodity, es decir, en un producto homogéneo y negociado en ámbitos internacionales es necesario:

- Estandarización en el contexto del comercio internacional con estándares metrológicos
- Posibilidad de almacenaje o de venta en unidades estandarizadas
- Desarrollo del mercado, con diversidad de productores y consumidores
- Posibilidad de entrega en fechas en acuerdo entre comprador y vendedor

<sup>2</sup> La expectativa de incremento de los puestos de trabajo ocurrirá a despecho de la mecanización de la cosecha de la caña, pues hay que considerar los efectos totales, abarcando los efectos directos, indirectos e inducidos.

En la creación de un mercado internacional para el etanol es importante una visión sostenible desde el punto de vista ambiental y socioeconómico pues la idea es crear empleos y renta en los países menos desarrollados. Lo sostenible significa que haya una verificación del sistema de producción, certificación y rastreo, algo que se necesita tratar en el ámbito comercial, dentro de una normativa general para el continente.

## 10. El progreso técnico garantiza la seguridad energética y la seguridad de alimentos

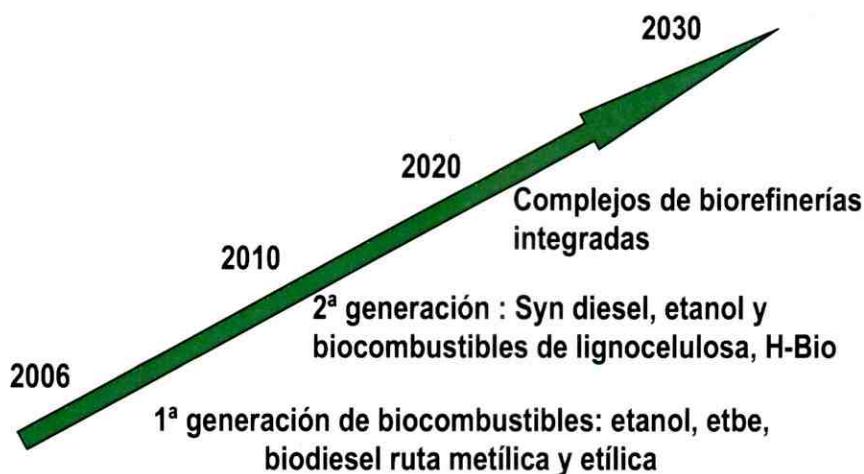
Hoy es posible ver con anticipación la superación de barreras tecnológicas para la entrada en operación comercial de procesos innovadores, como la obtención de etanol a partir de material lignocelulósico extraído de bagazo, pastos y otros residuos vegetales.

La tecnología de hidrólisis permite ampliar los tipos de biomasa para producir etanol. Otro camino de conversión de biomasa lignocelulósica en biocombustibles incluye la gasificación de la biomasa para la producción de gas de síntesis (mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono, principalmente) y su posterior conversión para diesel, metanol y otros combustibles.

Aunque este tipo de tecnología aún no sea comercialmente viable, significativas inversiones ya han sido realizadas con tal objetivo. Economías de escala provenientes de la expansión del consumo de biocombustibles pueden contribuir decisivamente con la competitividad de la hidrólisis y de la gasificación con conversión para líquidos.

La Figura 2 presenta las tendencias internacionales para el progreso tecnológico en el sector de biocombustibles hasta 2030, según las estimativas de Biofuels Research Advisory Council de la Unión Europea:

**Figura 2: Tendencias internacionales – 2006 a 2030**



Fuente: BIOFRAC – EC (Biofuels in European Union: a Vision for 2030 and Beyond)

Los nuevos procesos permitirán el aumento de la producción de biocombustibles sin gran ampliación de las áreas plantadas. O sea, la producción de etanol de lignocelulosa permitirá combinar seguridad energética con seguridad alimenticia.

Esto es decisivo principalmente para Europa y Estados Unidos. Como hemos visto anteriormente, diversos países desarrollados encuentran dificultades para obtener áreas para la expansión del

cultivo sin que se afecten las áreas dedicadas a la producción de alimentos, generando así un conflicto potencial entre la garantía energética y la de los alimentos.

Aunque Brasil posee áreas disponibles para la expansión de la caña de azúcar y la producción del etanol, forma parte de la estrategia brasileña la implementación de nuevas tecnologías de hidrólisis y gasificación de bagazo y paja, para desarrollar la bioenergía. Brasil está capacitado para este desafío y el desarrollo tecnológico significará mayor competitividad de la industria del etanol, con impactos positivos sobre la responsabilidad ambiental, el desarrollo de industrias relacionadas y para el desarrollo del país.

## **11. La estrategia brasileña y sus resultados esperados**

La estrategia brasileña para el sector energético prevé:

- Incrementar la participación de los biocombustibles en la matriz energética nacional
- Proteger el medio ambiente
- Promover la seguridad energética y
- Proteger los intereses de los consumidores

Sin embargo, Brasil tiene capacidad no sólo de promover un desarrollo con bases más sostenibles, sino también de usar el camino de lo sostenible como medio de desarrollo económico y social. El presente documento presentó las bases de la estrategia brasileña, que es la de incorporar al etanol como vector del proceso de desarrollo de largo plazo del país.

Esta estrategia, concertada con el sector privado, la academia y la sociedad civil, pretende estimular, de forma competitiva y sostenible, la economía de la bioenergía en Brasil, reconociendo e incorporando la resolución de desafíos socio ambientales. Específicamente se busca:

- La consolidación del liderazgo en etanol
- El desarrollo del etanol lignocelulósico
- El desarrollo de la agro biotecnología y nanotecnología
- El desarrollo de industrias relacionadas, como bienes de capital, alcohol-química, automotriz, aeronáutica, farmacéutica, entre otras y
- El desarrollo social.

La industria del etanol tiene un gran historial en Brasil y se encuentra bastante desarrollada. En 2006, la producción alcanzó 18 mil millones de litros. A pesar de haber áreas suficientes para que se expanda el cultivo de la caña de azúcar y que sea improbable que suceda una competencia entre los cultivos para bioenergía y para alimentos, Brasil está consciente de los riesgos y creó zonas agro ecológicas para apoyar el proceso de expansión de la producción de etanol. La expansión de la producción de etanol seguirá parámetros de preservación, de sustentación y de recuperación de los ecosistemas brasileños.

El uso de etanol es una forma importante de evitar emisiones de gases de efecto invernadero. Solo con la utilización de alcohol combustible, en Brasil, se evitaron emisiones estimadas en 675 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. Con respecto a la producción de etanol a partir de caña de azúcar, ella posee el balance energético más favorable entre todas las materias primas. La energía que se obtuvo es 8,3 veces mayor de que la energía consumida en el proceso productivo. Además, la producción de etanol contribuye para generar electricidad. Brasil está adoptando medidas para expandir la capacidad instalada de generación de excedentes de energía eléctrica con bagazo de caña, de los actuales 2,8 mil MW a 20 mil MW, lo que llevará a que el balance del etanol brasileño sea aún más favorable.

Brasil está consciente de que la producción de biocombustibles es una oportunidad de elevar la renta, reducir las desigualdades y promover el desarrollo del país. Dependiendo de las regiones elegidas para la expansión de la producción, el etanol será un importante instrumento de reducción de las desigualdades en el país.

En el ámbito internacional, Brasil está unido a China, India, África del Sur, Estados Unidos y a la Unión Europea en el lanzamiento del Foro Internacional de Biocombustibles, en marzo de 2007. Esta iniciativa parte de la visión de que es necesario profundizar la cooperación internacional para fomentar el diálogo entre grandes productores y consumidores de biocombustibles con vistas a la contribución de la eficiencia de la producción y distribución de estos combustibles a escala global.

Con relación al desarrollo tecnológico, las tendencias internacionales apuntan para la adopción del etanol lignocelulósico alrededor del año 2010 y para refinerías integradas alrededor del año 2020. La producción de etanol lignocelulósico permitirá combinar las necesidades energéticas con las de alimentos, lo que es decisivo, principalmente, para Europa y los Estados Unidos.

Brasil buscará continuamente el desarrollo de nuevas tecnologías como parte de la estrategia brasileña en bioenergía. El país está capacitado para este desafío y reconoce que el desarrollo tecnológico significará mayor competitividad en la industria del etanol, con impactos positivos sobre la responsabilidad ambiental, el desarrollo de las industrias relacionadas y para el desarrollo del país.

A partir de esta estrategia de desarrollo, el gobierno brasileño está proyectando significativas inversiones hasta el año 2010, en nuevas fábricas y destilerías para producir etanol y en infraestructura para la salida de esta producción según muestra la Tabla 5.

**Tabla 5: Metas para el sector de etanol**

<b>Programa</b>	<b>Unidad</b>	<b>2007</b>	<b>2008-2010</b>	<b>Total</b>
Etanol	Producción (mil millones/año)	19,1	23,3	
	Nuevas fábricas	17	60	77
	Inversiones (R\$ mil millones)	2,67	9,42	12,09
Alcohol y Poliducto	km de ductos (alcoholducto)	0	1.150	1.150
	Inversión (R\$ mil millones)	0,02	4,09	4,11

Fuente: Casa Civil (2007)

Las nuevas usinas tendrán una capacidad instalada promedio para producir 100 millones de litros por año cada una.

Por lo tanto, Brasil está demostrando cómo utilizar un activo específico, combinado con los beneficios derivados de su extensión física y de sus dotes naturales, para propulsar su desarrollo de modo original y contemporáneo. Original, porque la estrategia de utilizar el etanol como vector del desarrollo parte de su larga historia en el país y se construye sobre el progreso tecnológico. Contemporáneo, porque la estrategia brasileña es una respuesta firme, concreta y demostrada de la contribución del país para el enfrentamiento de los desafíos socio ambientales del planeta Tierra.

## **Bibliografía**

ANEEL, [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)

Balanço Energético Nacional 2007, [www.ben.epe.gov.br](http://www.ben.epe.gov.br)

BIOFRAC – Biofuels Research Advisory Council, “Biofuels in European Union: a Vision for 2030 and Beyond”, [www.ec.europa.eu](http://www.ec.europa.eu), 2006

Casa Civil, “Biocombustíveis: Uma Estratégia Soberana”, apresentação de la Ministra-Chefe da Casa Civil Dilma Rousseff, el 13 de Agosto de 2007 en Río de Janeiro.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)

CONAMA – Conselho Nacional do Medio Ambiente, [www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama)

DATAGRO, [www.datagro.com](http://www.datagro.com)

F.O.Licht, “World Ethanol Markets”, 2006

FAO – Food and Agriculture Organization, “World Agriculture: Towards 2015/2030 – An FAO Perspective”, [www.fao.org](http://www.fao.org), 2003

Macedo, Isaias C. “Energía da cana de açúcar no Brasil”, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, disponible em <http://www.rau-tu.unicamp.br/nou-rau/sbu/document/list.php?tid=12>, 2002

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br)

NIPE/Unicamp. “Aspectos relacionados à sustentabilidade da produção de etanol no Brasil”, mimeo, 2007

UNICA – União da Indústria de Cana de açúcar, [www.portalunica.com.br](http://www.portalunica.com.br)



**Ministerio del  
Desarrollo, Industria  
y Comercio Exterior**



Editado por el Departamento de Comunicación  
Septiembre - 2007