

# Análisis de evolución de la producción de caña de azúcar y de etanol en Brasil

ITURRA, Antonio René

SILVA, Fábio Cesar da

DIAZ-AMBRONA, Carlos Gregório Hernandez

## Resumo

Desde o início do século XX, o Brasil vem utilizando o álcool obtido da cana de açúcar para fins energéticos. Em 1931, o etanol de cana-de-açúcar começou a ser oficialmente misturado à gasolina, até então importados. No entanto, foi somente em 1975 com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), o governo criou as condições necessárias para o país surgir na vanguarda dos biocombustíveis. A especificação de álcool (tipos anidro e hidratado) foi lançada em 1979 e reformulada em 1989, após os problemas de corrosão nos motores que motivou os referidos ajustes. Em virtude da redução dos preços do petróleo no final dos anos 80, e do aumento do preço do açúcar no mercado internacional na década de 90, houve uma escassez acentuada de álcool hidratado nos postos de serviço. Isto abalou a confiança do consumidor, refletida em uma queda acentuada nas vendas de carros de etanol no país. Na década de 90, com a eliminação dos subsídios às usinas de energia e os consumidores, o uso do etanol hidratado como combustível foi reduzido. No entanto, contra a tendência do mercado, a mistura de etanol anidro à gasolina tem sido incentivada pelo governo. Em 1993, estabeleceu a mistura obrigatória de 22% de etanol anidro em toda a gasolina distribuída para revenda nos postos, criando um mercado em expansão para a usina de combustível, que funciona até hoje. O sucesso do programa de etanol se deve a ganhos de produtividade constante a partir de cana de açúcar e teor de açúcar recuperável da produção industrial da cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** cana de açúcar, etanol hidratado, biocombustíveis.

## Resumen

Desde principios del siglo XX, Brasil era el uso de alcohol extraído de la caña de azúcar con fines energéticos. En 1931, el etanol de caña de azúcar comenzó a ser oficialmente mezclado con gasolina, hasta la fecha de importación. Sin embargo, no fue sino hasta 1975 con el lanzamiento del Programa Nacional del Alcohol (Programa de alcohol), el gobierno creó las condiciones necesarias para surgir el país a la vanguardia de los biocombustibles. Especificación temprana de alcohol (tipo anhidro e hidratado) se pusieron en marcha en 1979 y reformulado en 1989, después de las razones para el problema de investigación de la corrosión en los motores. En vista de la reducción de los precios del petróleo en los años 80, y el aumento en el precio del azúcar en el mercado internacional en la próxima década, hubo una marcada escasez de etanol hidratado en las estaciones de servicio. Esto ha hecho añicos la confianza del consumidor, que se refleja en una caída en la venta de coches de etanol en el país. En los años 90, con la eliminación de los subsidios a las centrales eléctricas y los consumidores, el uso de etanol hidratado como combustible se ha reducido. Sin embargo, en contra de la tendencia del mercado, la mezcla de etanol anhidro en la gasolina ha sido alentada por

el gobierno. En 1993 se estableció la mezcla obligatoria del 22% de etanol anhidro en la gasolina distribuida para su venta en las filas, la creación de un mercado en expansión para la planta de combustible, que se extiende hasta la actualidad. El éxito del programa de etanol se debe al constante aumento de la productividad de caña de azúcar y contenido de azúcar recuperable de producción industrial de la caña de azúcar.

Palabras-clave: la caña de azúcar, etanol hidratado, biocombustible.

## **Abstract**

Since the early twentieth century, Brazil has used alcohol extracted from sugar cane for energy purposes. In 1931, ethanol from sugar cane began to be officially blended with gasoline. However, it was only in 1975, with the launch of National Alcohol Program (*Proálcool*), that the government created the necessary conditions for the country to be at the forefront of biofuels development. Specifications for alcohol (anhydrous and hydrated) were launched in 1979, and were reformulated in 1989 for reasons related to the problem of corrosion in engines. Due to the reduction in oil prices in the late 1980s, and to the increase in the price of sugar on the international market during the next decade, there was a marked scarcity of hydrated ethanol at service stations at that time. This shattered consumer confidence, as reflected in a sharp drop in sales of ethanol cars within the country. In the 1990s, with the elimination of subsidies to power plants and consumers, the use of hydrated ethanol as a fuel was reduced. However, in opposition to the market trend, the mixture of anhydrous ethanol with gasoline was encouraged by the government. In 1993, Brazil established the mandatory blending of 22% of anhydrous ethanol in all gasoline distributed for resale at gas stations, creating an expanding market for fuel plants, which continues until today. The success of the ethanol program is due to constant productivity gains in sugar cane production and to increases in the recoverable sugar content in industrially produced sugar cane.

**Keywords:** sugarcane, hydrated ethanol, biofuel.

## 1 INTRODUCCIÓN

En términos mundiales, la caña de azúcar es una materia prima para la producción de azúcar y de etanol con características relevantes que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en biomasa energética, debido las cantidades de azúcar y fibra, obtenidos en ciclos de tiempo menores que otras especies. La caña se cultiva en más de 80 países, con variaciones en los periodos y manejo de cultivo, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas y factores de producción locales.

Se caracteriza como un cultivo de alta eficiencia de fotosíntesis y alta tasa de conversión energética (relación 1:9) - lo que se refleja en una gran producción de biomasa por unidad de área. En condiciones de cultivo medio puede producir 100 toneladas de materia verde por ha. año, las que expresadas en términos energéticos significan 13 ton de petróleo o 75 mil Mcal de energía metabolizable - por su gran capacidad de fijación de la energía solar, a través de la fotosíntesis (C4) y sus posibilidades de crecer en condiciones de clima y suelo en que otras plantas tienen dificultades. Variedades mejoradas actuales pueden llegar a 120 t/ ha. año en términos comerciales, como se justifica más adelante (Camargo, 1990; UNCA, 2011).

En Brasil, el cultivo de la caña de azúcar comenzó luego de su descubrimiento, en 1532, a partir de material llevado desde la Isla de Madera que fue plantado en la Capitanía de Sao Vicente, próximo a la ciudad de Santos, en el Estado de Sao

Paulo, en el ingenio *São Jorge dos Erasmos*. Dos años más tarde, del mismo lugar, llegó material a la Capitanía de Pernambuco, donde se implantó en Olinda el ingenio *Nossa Senhora da Ajuda*. A partir de esos dos locales el cultivo de la caña se multiplicó por todo el litoral brasileño.

Originalmente, el cultivo de la caña se estableció en puntos del territorio nacional donde los suelos y el clima lo permitían, y donde las facilidades del embarque proporcionaban el acceso a los mercados internacionales. Actualmente, estas condiciones no tienen la misma importancia. Los suelos pueden ser mejorados en sus condiciones de fertilidad y el sistema actual de transportes y la distribución del mercado por el espacio geográfico facilitan la atención de demandas diversificadas.

La invasión holandesa de Pernambuco, en el siglo XVII, estimuló el desarrollo de la industria azucarera de esta Capitanía, superando incluso a las Islas de Java, lo que la hizo una referencia internacional. En esa época, la Región Noreste tuvo un desarrollo más grande que la paulista, favorecida por su mayor proximidad de Europa, y por su potencial climático y edafológico. Con la expulsión de los holandeses en el siglo XVIII, la industria brasileña entró en declino, pero se recuperó a partir del final de este siglo.

Actualmente, la caña se cultiva principalmente en la Región Centro-sur y en el Noreste, donde se hacen cinco o seis cortes antes de la reforma del canal, durante un periodo de corte que va de seis a siete meses. Todo el proceso de producción es intensivo en mano de

obra, especialmente la cosecha. El aumento de la mecanización ha reducido el número de empleos (por unidad de producción) y su estacionalidad.

Durante estos años la producción de caña y su utilización como materia prima para la fabricación de azúcar tuvo períodos de altas y de bajas. Para controlar esos desajustes, en 1933 el gobierno crió el Instituto del Azúcar y del Etanol (IAA, en portugués), que tenía como objetivo principal disciplinar la producción y controlar los mercados interno y externo. El Brasil es el mayor productor mundial de azúcar (responde por aproximadamente el 45% del mercado) y el segundo mayor productor de etanol.

Después de la cosecha, el transporte de la caña para la industria - operación integrada de corte, carga y transporte - es una actividad importante ya que determina el flujo de masa y, si bien realizado, evita la compactación del suelo agrícola y reduce costos, con sistemas de gran capacidad, dentro de los límites legales de las carreteras.

Los tallos de la caña son procesados para producir etanol y azúcar. La caña de cosecha manual es lavada para retirar impurezas minerales. Posteriormente, un sistema de extracción del jugo se hace a partir de caña picada, desfibrada, molida y estrujada por un conjunto de cilindros (moliendas). El caldo - que contiene sacarosa - es separado de la fibra (bagazo) y filtrado, para ser sometido a fermentación por levaduras seleccionadas. Posteriormente, es destilado, almacenado y comercializado.

Un aspecto relevante es que toda la energía para el procesamiento (electromecánica - para el accionamiento de bombas, ventiladores y de los molinos - térmica, para los procesos de concentración del caldo y destilación) es abastecida por un sistema de cogeneración que usa solamente el bagazo como fuente energética. En Brasil, las usinas son autosuficientes y, en general pueden tener excedentes de energía eléctrica que puede ser vendida a los distribuidores.

Los procesos industriales tienen como residuos a la viñaza, la torta de filtro y las cenizas de la caldera de bagazo, que son totalmente reciclados en el cultivo. La viñaza en forma líquida, durante el riego, la torta, como abono. Estos mismos procesos industriales utilizan agua (captada de ríos y pozos) en varias operaciones que se reutiliza de forma cada día más intensa, objetivando más racionalidad técnica, económica y ambiental (reducir costos de captación y el nivel del despojo debidamente tratado).

Desde el punto de vista edafológico, la caña no es muy exigente en suelos, principalmente si se considera la tecnología actual de preparación y fertilización. Por esto el cultivo se encuentra en todas las regiones brasileñas, a pesar de sus diversidades. De todas maneras, en igualdad de todos los demás factores de producción que influyen en su rendimiento, los suelos más fértiles permiten rendimientos agrícolas más grandes.

Más importante que la calidad del suelo como factor limitante en la planificación en las inversiones es la topografía del

terreno, que para ser considerada adecuada a la producción de caña debe ser plana o levemente ondulada ya que inclinaciones muy fuertes dificultan los servicios de mecanización de los suelos, el corte y el transporte de la caña.

## 2 ANALISIS DE SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO

Desde el punto de vista climático, la temperatura es igualmente importante, debiendo situarse idealmente entre 15 y 34°C y el nivel de precipitaciones pluviométricas debería ser igual a la de la evapotranspiración del lugar de cultivo. Pues, en contrario reduce as productividad proporcionalmente a déficit hídrico y sensibilidad de la fase fenológicas.

Ante estas demandas, no son muchas las regiones del planeta que presentan una combinación adecuada de suelos, topografía, temperatura, y lluvias capaces de constituir la base física para la producción económica de caña, en gran escala, de modo a posibilitar la producción de sacarosa para atender la demanda nacional e internacional de azúcar y de etanol.

Otro aspecto relevante es la utilización de variedades de caña adaptadas a las características edafoclimáticas de cada región y que permitan un flujo continuo de materia prima a ser procesada durante el ciclo programado de funcionamiento de la agroindustria (Embrapa, 2009).

Genéricamente, desde el punto de vista de la época de madurez, las variedades se

agrupan en precoces, medias y tardías, para el inicio, medio y fin de la cosecha. Desde el punto de vista de su contenido de azúcar (POL e/o ATR), en ricas, medias y pobres, y desde el punto de vista de conservación para la industrialización, en largo, medio y corto tiempo. Antes de la cosecha debería identificarse su grado de madurez y la riqueza en sacarosa, para calcularse el rendimiento en azúcar y/o en etanol.

Idealmente, desde el punto de vista de la materia prima, para que la caña llegue a la agroindustria de procesamiento, esta no debería quemarse, cargarse y transportarse con rudeza, para no adelantar el proceso de fermentación natural, ni acompañada de impurezas (tierra y material ajenos). El tiempo entre la cosecha y la extracción del jugo debería ser el menor posible. Idealmente, también, sería conveniente cortar las puntas de la caña (que puede ser aprovechada para fabricar un tipo de palmito), pues contienen radicales fenólicos que reaccionan con el hierro y afecta levemente la calidad de los productos.

En términos prácticos, sin embargo, debe considerarse la relación beneficio-coste de todas estas actividades para tomarse la decisión de cuales tecnologías se deben utilizar en cada unidad agroindustrial.

Desde el punto de vista ambiental, la legislación brasileña, incluido normas y controles, desde la producción hasta el uso y disposición de los materiales, cubre todas las áreas importantes.

El uso de insecticidas es bajo y el de fungicidas es prácticamente nulo. Los

métodos de control de hierbas dañinas han sido frecuentemente modificados en función de avances en tecnologías (tratos culturales, mecánicas y químicas). A pesar de eso, en Brasil la caña todavía utiliza más herbicidas que el café y maíz, pero menos que el cultivo de cítricos y equivalente a la soja (FAO).

Con la tendencia de aumento de las áreas de cosecha de “caña cruda” – no quemada – que permite una gran cantidad de paja remaneciente en el suelo, sin embargo, no parece posible eliminar totalmente los herbicidas en estos casos, como se esperaba, incluso por el surgimiento de plagas poco comunes.

Entre las principales plagas de la caña, los controles del taladro del tallo (“broca”, la plaga más importante) y de la cigarrilla, son biológicos. El programa más importante de control biológico brasileño está destinado al taladro del tallo. Hormigas, chinias y “cupones” tienen control químico, con resultados que muestran que es posible reducir mucho el uso de defensivos con aplicaciones selectivas.

Las enfermedades de la caña son combatidas con la selección de variedades resistentes, en grandes programas de mejoramiento genético, de los cuales se tratará más adelante. Este procedimiento ha sido suficiente para resolver, con la sustitución de variedades, desafíos de grandes proporciones, como el ataque de virus del mosaico (1920), el carbón y el polvillo (“ferrugem”, en los años 1980) y el SCYLV (años 1990). Modificaciones genéticas – muchas en estudios de ensayos de campo – produjeron plantas resistentes a herbicidas, al carbón, al virus

del mosaico, al SCYLV y a la oruga del tallo de la caña.

En relación al uso de fertilizantes, entre los grandes cultivos en Brasil (área superior a 1 Mha) la caña de azúcar utiliza menos fertilizantes que el algodón, café y naranja, y es equivalente a la soja. Su utilización también es baja si se compara a los cultivos de caña de otros países (Australia, por ejemplo, usa 48% más). Por este motivo es importante el reciclado de nutrientes con el aprovechamiento de los residuos industriales (viñaza y torta de filtro), considerándose las condiciones limitantes de topografía, suelos y control ambiental.

Con la aplicación de la viñaza, se han comprobado aumentos sustanciales del potasio en el suelo y de aumento de la productividad. El reciclado de nutrientes está siendo permanentemente maximizado, especialmente debido a la paja que puede ser incorporada en las labores de preparación de los suelos. Seguramente será importante en las áreas de expansión del cultivo de la caña. Un gran número de estudios relacionados con la lixiviación y las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas por el reciclado de la viñaza indican que en general no hay impactos dañinos para aplicaciones inferiores a 300 m<sup>3</sup> / ha. Existe una norma técnica de la Secretaria del Medio Ambiente (São Paulo) que reglamenta todos los aspectos relevantes, como áreas de riesgo (prohibición), dosis permitidas y tecnologías de aplicación.

### **3. ANALISY DE LA EVOLUCIÓN DE LACA NA MATURACION, PRODUTIVIDAD Y VARIEDAD**

Como visto, un aspecto relevante en la producción de caña es que se utilicen variedades adecuadas a las características de cada región. En Piracicaba, en el Estado de Sao Paulo, por ejemplo, tradicional zona productora en Brasil, existen algunas variedades que sirven de referencia: para el inicio de la cosecha (mayo), la RB 83-5486, al medio de la cosecha (julio), la RB-85-5113, al final de la cosecha (septiembre), la SP 79-1011 y para la molienda anticipada (abril), la RB 85-5156.

De todas maneras se pueden escoger otras variedades, con características deseables, entre las decenas existentes y que permanentemente están siendo producidas y ofrecidas a los mercados regionales. Por ejemplo, el 06.12.07 se presentaron 4 nuevas variedades en el Estado de Sao Paulo (IAC91-1099, IACSP93-2060, IACSP95-3028 e IACSP95-5000) en el Centro Apta Cana de Ribeirao Preto, con sus principales características, entre las cuales, su capacidad de producir hasta 120 toneladas por hectárea, adaptadas a la cosecha mecanizada, alto potencial agroindustrial y nivel de sacarosa ideal para el corte en diferentes períodos. Estas nuevas variedades, que demoraron 13 años para ser desarrolladas, podrán continuar permitiendo ganancias de productividad de 1,5% al año (media de los últimos 30 años).

Además, en Brasil se realizan investigaciones científicas con variedades de caña genéticamente modificadas. 73

proyectos ya fueron realizados y esperan su autorización para comercialización de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio, en portugués), que, genéricamente, está fiscalizando y autorizando a cuenta gotas este tipo de tecnologías, como ocurre en el resto de los países. “Tenemos tecnología para producir caña con más producción de sacarosa por ha, resistente a insectos, a enfermedades y tolerantes a la sequía”, asegura uno de los principales interesados en la liberación de la comercialización de caña transgénica.

De cualquier forma, sumariamente, la sostenibilidad de la base de producción agrícola de la caña en Brasil incluye la capacidad de responder al ataque de plagas, enfermedades y a las variaciones climáticas periódicas, para que no perjudiquen significativamente los rendimientos. Los resultados han sido positivos. Las condiciones de producción, con su diversidad de regiones y microclimas, han respondido como deseado a las variaciones periódicas del clima y sus efectos indeseables.

La protección contra plagas y enfermedades es considerada un punto fuerte de la producción brasileña, por ser basada más en la oferta continua de variedades de caña resistentes que en barreras fitosanitarias, propiciando a los productores operar con gran diversificación.

El Brasil se destaca en la biotecnología de la caña, incluso con variedades transgénicas (no comerciales) desde la mitad de los años 1990. En 2003 se hizo la identificación de los 40.000 genes de la caña, En sus laboratorios hay veinte

grupos trabajando en el genoma funcional y ya usando genes en programas de mejoramiento genético, en sus fases experimentales. Resultados Comerciales son esperados en los próximos cinco años.

En los cuatro programas de mejoramiento genético de caña operando en Brasil (los dos más grandes son privados); usan una cuarentena y dos estaciones de hibridación, con bancos de germoplasma. Trabajan con cerca de 1,5 millón de *seedlings* por año. Actualmente, son cultivadas más de 500 variedades (51 liberadas en los últimos diez años). Las veinte principales ocupan 80% del área plantada y la más utilizada llega a apenas 12,6%. Por esto, el aumento de la diversificación en los últimos veinte años promovió una gran seguridad para la resistencia contra enfermedades y plagas exógenas.

Desde el punto de vista genético, es sin duda conveniente elegir y plantar variedades de caña adecuadas, que consideren la productividad agrícola y agroindustrial, sean resistentes a

limitaciones edafoclimáticas y al ataque de plagas y vocación para su cosecha mecanizada. Lo recomendable sería tener el material genético de la mejor calidad disponible en el mercado y plantarlo en el lugar adecuado, seguir las recomendaciones agronómicas y realizar la cosecha en el mejor momento de madurez y de la forma menos traumática posible. La caña, incluso más que otros cultivos, es como un traje: mejor a medida.

En relación a la situación actual de la tecnología agronómica brasileña, en general, especialmente en el Estado de Sao Paulo, un análisis más detallado indica una evolución continua de la productividad, según se muestra en la Figura 1, en la que se presenta el resultado de estudios realizados en 105 unidades productoras donde la productividad media llegó a 84 t de caña/ha (máxima de 109) y el grado de sacarosa medio llegó a 14,6% (máximo 16,6% en la cosecha de 2003/4

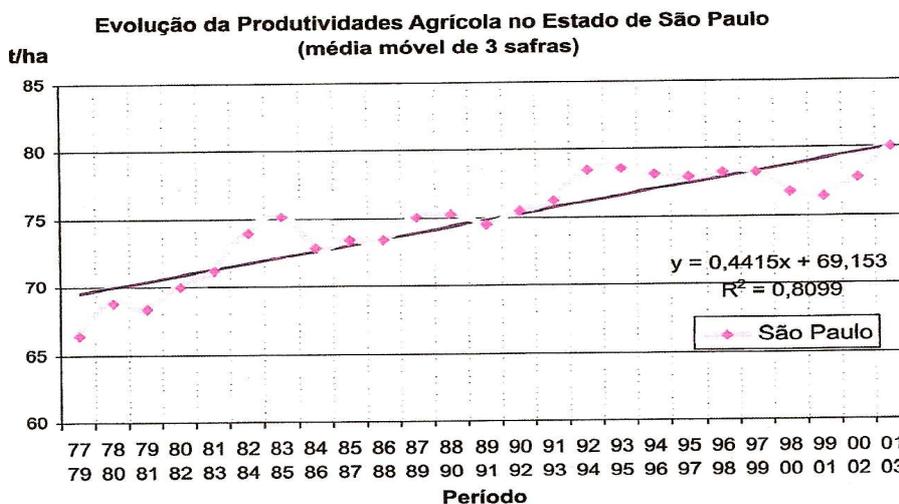
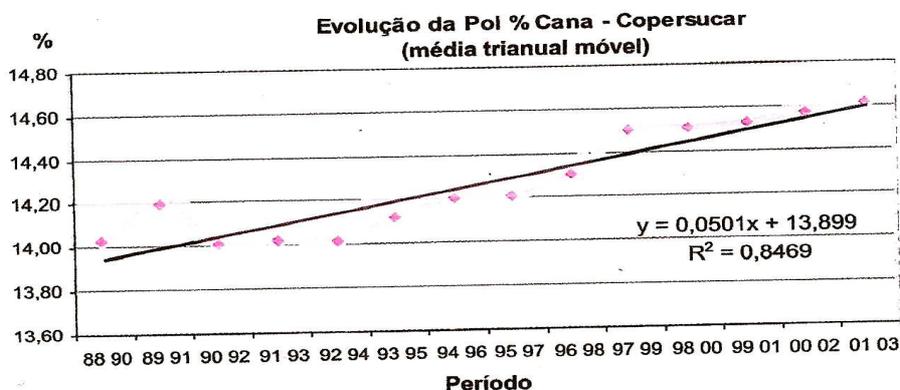


Figura 1. Evolución de la productividad agrícola. Estado de São Paulo (IBGE, 2004).

Junto con la cantidad, la calidad de la caña también fue aumentada, según se

muestra en la figura 2, a seguir.



**Figura 2.** Evolución de la sacarosa en usinas de COPERSUCAR en Sao Paulo (UNICA, 1010; ORPLANA, 2011).

La evolución del área agrícola, en los últimos años, indica un creciente nivel de mecanización de la cosecha, tendencia que en el caso de Sao Paulo se asocia a la progresiva reducción de la quema de la caña antes de su cosecha, de acuerdo a un cronograma establecido entre el gobierno y los industriales. Inicialmente, el plazo para el término de la quema y el corte manual era el año 2031. Debido a los aspectos sociales, económicos, ambientales y legales, esa meta fue adelantada para el año 2017. Actualmente, según la Unión de Productores de Azúcar y de Etanol en el Estado de Sao Paulo, 42 a 45% de la caña ya es cosechada mecánicamente, y en términos nacionales ese porcentual es de 35 a 37%.

La amenaza de paro de los trabajadores que realizan el corte de caña, argumentado por algunos analistas, debido a que una máquina cosechadora de caña puede sustituir el trabajo de

aproximadamente 100 trabajadores, será eliminada por la propia dinámica de crecimiento del sector sucroalcoholero, argumentan otros.

En relación a los aspectos ecológicos derivados del aumento de la demanda de caña para aumentar la producción de etanol, la Empresa Brasileña de Producción Agropecuaria (EMBRAPA, 2009), está realizando estudios edafoclimáticos y determinando el zoneamiento agroecológico de la caña, de sus antiguas y nuevas variedades.

La previsión en el Estado de Sao Paulo los índices de la cosecha de caña, para el año 2003/4, fueron los que se presentan en la Tabla 1, estimada sobre la base de 105 unidades productoras.

Los aumentos de eficiencia en el transporte son también relevantes. Algunos parámetros seleccionados para el transporte de caña hasta la usina indican,

para una muestra de 17 unidades, capacidades diarias de carga de 184 (media) a 286 (máximo) ton de caña/día para las tecnologías más comunes, representadas por camión y coloso, de

caña entera, hasta 370 (media) a 513 (máximo) ton de caña/día para las mejores tecnologías, en tren, de caña picada.

**Tabla 1.** Productividad agrícola, niveles de mecanización de la cosecha y de corte sin quema: actual y previsión (cosecha 2003/4, Sao Paulo), en UNICA (2011).

Parámetro	Año corriente		El futuro (10 años)
	promedio	máximo	
Rendimiento (t caña / ha)	84,3	108,8	89
Pol% caña	14,6	16,6	15,1
Pol (t / ha)	12,2	15,8	13,4
Cosecha mecánica (%)	34 %	89%	85%
Cosecha sin quemada (%)	21%	87%	80%

Para la misma muestra, en 2003/4, el área que utilizaba fertilización y riego con viñaza era de 32,1% (media) y de 63,8% (máximo), y la aplicación de maduradores llegó a 19,6% en media y 37,6% máximo.

En Brasil, en la cosecha de 2006/7, el costo de producción medio aproximado de la caña de azúcar fue de aproximadamente R\$ 44,00 (E\$ 16,60) la tonelada. Llegó a ser comercializada a R\$ 55,00.

#### **4. PERSPECTIVAS DEL CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE CAÑA PARA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL**

Desde el discurso sobre el Estado de la Unión de George W. Bush, el 26 de enero de 2007, cuando fijó la meta de sustituir por etanol el 20% de la gasolina de su país hasta 2017, las expectativas del

crecimiento de la demanda de caña aumentaron considerablemente en Brasil (CABRINI, MARJOTTA-MAISTRO, 2007; FIGUEIRA, 2005; GUIMARÃES, 2010; RENEWABLE FUELS ASSOCIATION, 2006; SILVEIRA, 2001; SOUZA, 2006).

La recientemente promulgada nueva *Energy Hill*, en diciembre, seguramente servirá como un catalizador significativo para el aumento de la producción de caña destinada a la agroindustria de etanol ya que determina que el consumo de este biocombustible debe alcanzar 137 mil millones de litros (36 mil millones de galones) en 2022. De ese total, 57 mil millones de litros serían de etanol de maíz - meta vista con dudas debido a que 20% de este grano ya va para la producción de etanol y los EEUU no tienen para donde expandir su agricultura. A medio y largo plazo esa es una buena noticia para los países con potencial productivo de caña

de azúcar (CABRINI, MARJOTTA-MAISTRO, 2007; FIGUEIRA, 2005; GUIMARÃES, 2010).

Como valor de referencia, Estados Unidos consumen 530 mil millones de litros de gasolina por año y en 2006 consumieron alrededor de 5,6 mil millones de galones de etanol. Los precios de la gasolina están en torno de US\$ 2,45 el galón y del etanol en US\$ 2,31 el galón.

Con la explosión de demanda de etanol, en EEUU, en Europa (5,75% de sustitución de la gasolina) y en prácticamente todos los países de la OCDE, surgen nuevos interesados, muchos de los cuales muy diferentes a los habituales señores de ingenios. Inversores como George Soros, Vinod Khosla, Cerril Lynch, la administradora americana de activos Wellington Management y los Fondos financieros Kidd & Co, Stark y Och Ziff Management, entre muchos otros, acostumbrados al especulativo mundo del mercado financiero y dispuestos a correr grandes riesgos para ganar grandes fortunas, despejaron miles de millones de dólares en Brasil en la compra de varias usinas en funcionamiento e iniciaron proyectos para muchas otras. Todos llegaron al Brasil de ojo en el futuro promisor del “combustible verde” – cada uno con una estrategia diferente - que ganó fuerza con la explosión del precio del petróleo y las crecientes preocupaciones con el calentamiento global.

Con ese mismo objetivo, la española ABENGOA que pretende doblar su apuesta en la producción de etanol de

caña en Brasil, en agosto invirtió US\$ 680 millones en la compra de de dos plantas de la Dedini Agro, en el Estado de Sao Paulo. Más recientemente - según el Relatoría Reservado del 12.12.07 - está negociando la adquisición de otras cuatro usinas de azúcar en los Estados de Sao Paulo y Mato Grosso, con inversión aproximada de mil millones de dólares. Brasil pasa, así, a representar el mayor activo del grupo en bioenergía, superando sus inversiones en EEUU y Europa. En la cosecha de 2008/9 ABENGOA espera llegar a procesar 15 millones de toneladas de caña.

Como resultado práctico de todo este interés, el último año hubo un aumento de 12,3% en el área cultivada y disponible para cosecha de caña de azúcar en la Región Centro-Sur. Solamente en el Estado de Sao Paulo - responsable por 68% de la caña cultivada en la región, el total subió de 3,04 millones para 3,35 millones de hectáreas entre las cosechas 2005/6 y 2006/7. Los datos son del Proyecto Canasat, del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Inpe), que desde 2003 utiliza imágenes de sensoriamiento remoto, obtenidas por sensores de los satélites Landsat y CBERS, para mapear y cuantificar el área cultivada en ocho Estados: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraná y Sao Paulo.

Las informaciones paulistas más recientes disponibles se refieren a 2007/8, cuya área para cosecha llega a 3,95 millones de hectáreas. Sin embargo, si se suma el área disponible para cosecha con la que fue ‘reformada’, o sea, la que ya fue plantada pero solamente será cosechada en 2008, se llega a 4,22 millones de hectáreas. Un

aumento de casi 15% e el área cultivada, una vez que, considerando las áreas de reforma, el Estado de Sao Paulo registraba 3,66 millones de hectáreas cultivadas en 2006/7 (UNICA, 2011).

En cantidad de caña producida, hasta el final de 2007 el estado de Sao Paulo estimaba cosechar 326,6 millones de toneladas. En la cosecha pasada obtuvieron 277,8 millones de toneladas, en 4,12 millones de has. Así, si la previsión se confirma, la producción cañera del Estado de Sao Paulo habrá crecido 17,5%.

En términos nacionales, la cosecha de 2007/8 debe llegar a 480 millones de toneladas, 12% superior al ciclo anterior. La expectativa de cosecha en 2007/8, que tendrá inicio en abril, es superior a 500 millones de toneladas de caña (UNICA, 2011).

Otro aspecto importante, que merece ser destacado, es el zoneamiento agroecológico de la caña que está sendo realizado por varias instituciones y coordinado por la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA, 2009), con conclusión en octubre de 2008. Analizando y sistematizando datos sobre clima, suelos, uso de la tierra, cobertura vegetal y aspectos hídricos de todas las regiones del país, se busca seleccionar áreas potenciales para su cultivo, considerando que no interesa la expansión en áreas con algún tipo de restricción ambiental, ni competir con áreas de producción de alimentos. Se trata de una actividad estratégica y pionera, que permitirá una planificación inédita de la expansión de la caña, de forma ordenada y con criterios económicos y ambientales.

## **5 CONSIDERACIONES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR EN BRASIL**

Actualmente, los productos de la caña de azúcar no tienen ningún mecanismo de soporte de precios por políticas públicas, esto es, no existen subsidios a la producción y comercialización de azúcar ni de etanol, ni externalización de costos para ser rateados con otros sectores de la economía brasileña.

El coste de producción - sin impuestos - del etanol para las usinas más eficientes de la región Centro-Sur, en condiciones estables, *se* estima sea de US\$ 0,20 /litro, equivalente al coste internacional de la gasolina sin aditivos con petróleo a US\$ 25/barril. Este coste de producción es significativamente inferior al del etanol de maíz en los EEUU y de trigo y remolacha en Europa. Estudios realizados en Holanda muestran otros valores comparativos (Fig. 3). Comparación entre los costes de producción actuales y futuros de biocombustibles frente a los precios de la gasolina y diesel salido de la refinería (FOB) para un intervalo de precios del crudo [IPCC, 2008].

Las reducciones de coste del etanol en Brasil desde el inicio del Programa de Producción y Uso de Etanol como Carburante (PRO-ÁLCOOL) se debieron a avances tecnológicos, gerenciales y por inversiones en infraestructura. Para el futuro, la implementación más amplia de tecnologías comerciales podrá promover reducciones adicionales de coste, más las mayores perspectivas se esperan con las nuevas tecnologías actualmente en

desarrollo, que incluyen a la agricultura de precisión, nuevos sistemas de transporte de la caña y de la paja, y modificaciones genéticas de la caña.

Adicionalmente, la diversificación de la producción deberá estimular el aumento de la competitividad, como ocurrió con el etanol, que vino a complementar (inicialmente en usinas mixtas) la producción del azúcar. Esta diversificación incluye el aumento de los usos de la sacarosa y algunas rutas alcohol químicas y la producción de excedentes de energía de la biomasa de la caña, en diversas formas (cogeneración y producción de etanol con tecnologías de segunda generación, ya iniciadas).

Considerando los aspectos relativos a los impactos socioeconómicos del sector, cabe resaltar la generación de empleos y renta para una gama muy extensa, con capacitación de la mano de obra y, usando tecnologías diversas, acomodar características locales. El sector promueve también una importante economía de divisas, evitando la importación de petróleo, y el desarrollo tecnológico y empresarial de una gran industria de bienes de capital. La sustitución de gasolina por etanol entre 1976 y 2004 representó una economía de US\$ 121,3 mil millones (dólares de diciembre de 2004, incluyendo intereses). El etanol combustible sustituye volúmenes expresivos de la gasolina auto motiva. Actualmente alrededor del 40% y si el Brasil no consumiese etanol no sería

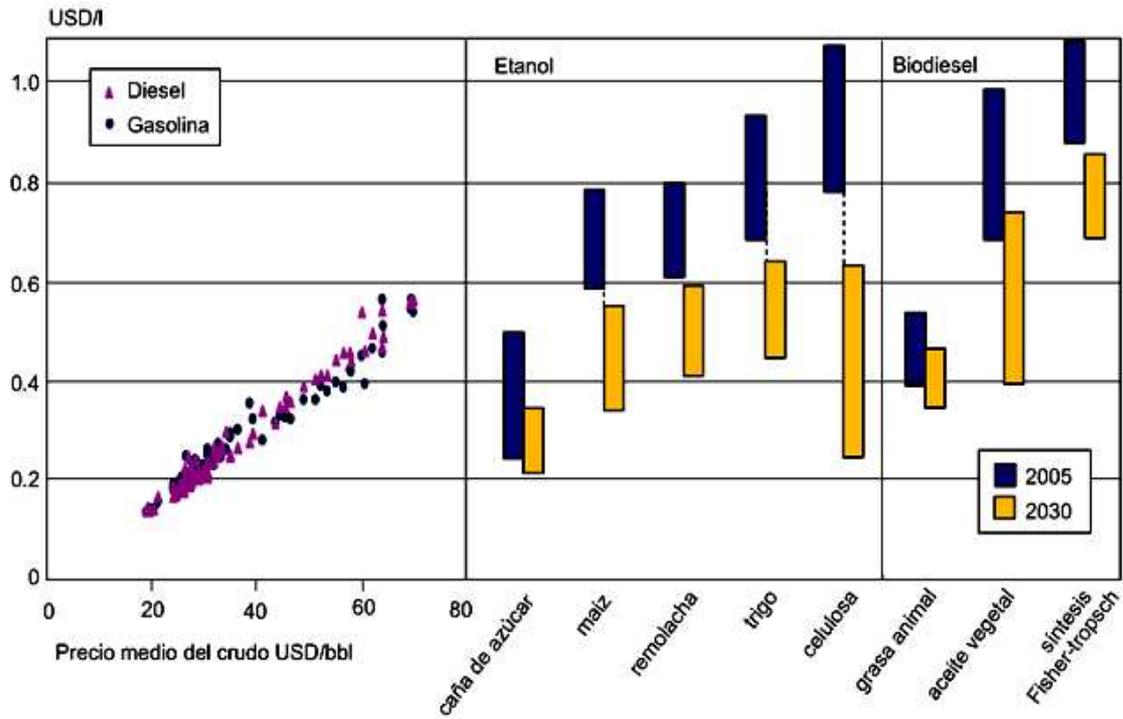
autosuficiente en gasolina. Se calcula que el volumen de gasolina sustituida por etanol fue de 10,54 mil millones de litros en 2006, y de 13,18 mil millones de litros en 2007, lo que representa una economía de US\$ 6,94 mil millones (Valor, 31/1/08).

Además, la industria brasileña de equipos para la producción del azúcar, etanol y cogeneración de energía tuvo un gran desarrollo, en ese mismo período. Solamente el fabricante más grande produjo 726 destilerías (incluso para exportación) y 106 usinas completas, 112 plantas de cogeneración y 1200 calderas, la mayoría de alta presión.

Las relaciones del trabajo en el campo (sindicatos propios) e industrial (sindicatos de alimentos y químicos) están bien definidos, incluyendo normas colectivas, con gran avance en la última década. Comparando con la media brasileña de 45% de formalidad, el área agrícola del sector de la caña evolucionó de 53,6% en 1992 para 68,5% e 2003. En la región Centro sur la producción de caña tenía 82,8% de formalidad y en São Paulo llegó a 88,4% en ese mismo año (Fig. 4).

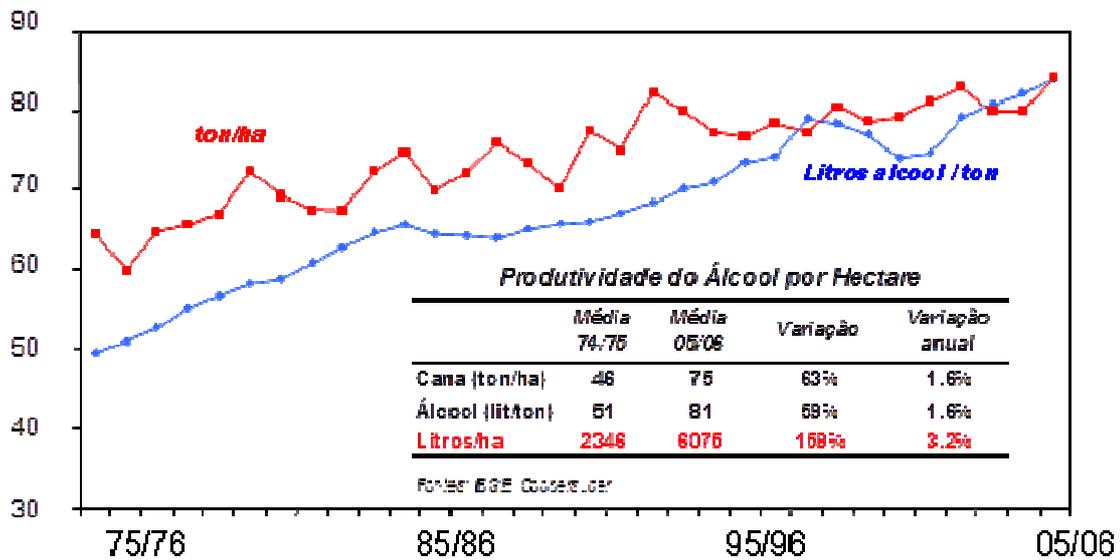
Las diferencias de desarrollo regional, sin embargo, existen en los indicadores del trabajo. Las regiones más pobres presentan salarios menores y mucho más uso de mano de obra, ajustados por el nivel tecnológico empleado (automación, mecanización).

Figura 3. Coste de Producción actuales y futuros de biocombustibles de Etanol en Diversos Países, en US\$/litro



Fuente: UNICA, 2011 y IPCC, 2008.

Figura 4. Ganancias de Productividad en la Producción de Etanol



Fuente: IBGE (2010) & Copersucar (2007).

## **6. LA POLÉMICA EN CONTRA DE LOS BIOCOMBUSTIBLES: BIOETANOL**

El 1º argumentación de la caña-de-azúcar es un monocultivo y, por tanto, mal engendrada con el objetivo de exterminar con el romanticismo heroico de la agricultura familiar. Con la excepción del cultivo de hortalizas, no hay en todo el mundo cultura de importancia económica y social que no sea monocultivo. Hay la posibilidad de cultivo de oleaginosa en la reforma de cañaveral y con pequeños agricultores familiares, como cultivo de soya, girasol y otras (Ex Ministro Roberto Rodrigues). Contrariamente a lo que afirman ecologistas de plantón, la humanidad perecería sin ella. El zonificación demostró con claridad que caña de azúcar tiene expansión en; áreas de pastaje degradada y no de alimentos.

El 2º Argumento del balance energético del alcohol, de acuerdo con lo cual la energía consumida para producir una unidad de alcohol sería mayor que aquella contenida en esa misma cantidad. De hecho, eso es casi verdad para el etanol americano fermentado del maíz, en que apenas 20% a más de lo que aquella energía fósil despendida son ganancias. En el caso de la caña brasileña, mientras, a cada unidad de combustible fósil utilizada con la producción de alcohol, 8 y media unidades de combustible fósil (gasolina) dejarán de ser quemados.

El 3ª argumento que hay perjuicios ambientales locales. El plantío de la caña degradaría el solo. Ora, las tierras más fértiles del globo son aquellas cultivadas hace siglos. Los pocos ejemplos de

degradación de solos por exploración agrícola si deben a abusos debido a la ignorancia o a la ganancia.

Hoy no hay en Brasil un litro de vinaza vertido en ríos o fuentes y la quema de paja, ya reducida en un 30% en S. Paulo será, pues, por ley y por evolución tecnológica natural, extinta con la mecanización de la agricultura (Embrapa, 2009).

Según el zonificación de la caña (Embrapa, 2009) muestran que el país tiene cerca de 66 millones de hectáreas de zonas adecuadas para la expansión del cultivo de caña de azúcar, y de estos 19,3 millones de hectáreas se considera que tienen alto potencial de rendimiento de 41,6 millones de hectáreas como 5.000.000 como potencial medio y bajo para el cultivo. En las áreas potenciales sembradas, con pastos en el año 2002, que representan aproximadamente 36.700.000 hectáreas. Estas estimaciones muestran que el país no tiene por qué entrar en nuevas áreas con cobertura nativa en el proceso productivo, y puede expandir el área cultivada con caña de azúcar sin afectar directamente a las tierras utilizadas para la producción de alimentos

El 4ª argumentación de la cultura de caña de azúcar expulsaría las culturas de alimentos y, como consecuencia, habría hambre en las clases menos privilegiadas. Históricamente lo que causó hambre o miseria casi que nunca fue precio o escasez de alimentos, pero desempleo y bajos salarios (IEA, 2010). Una expansión de la producción del etanol solo puede generar empleo y aumentar salarios. Recordando que la actual producción de

17 mil millones de litros de alcohol ocupa solo 3 millones de hectáreas (otros 3 millones para el azúcar) y que Brasil, excluyendo la área con actividad agrícola, toda área ocupada por floresta o ambientalmente sensible, dispone de 300 millones de hectáreas de solo con calidad y pluviometría adecuadas para el cultivo de la caña, podemos concluir que, multiplicando por diez la producción actual, no serían ocupadas sino 10% de las tierras.

Según Zonificación de la caña tiene la región centro oeste presenta el mayor porcentaje de tierras aptas para la expansión del cultivo con caña de azúcar con 45% del total estimado, seguida por la Región Sudeste 34,5%, Sur 11,2%, Nordeste 7,6% y por el Estado de Tocantins de la Región Norte, con 1,7% (Embrapa, 2009).

Con la adopción de las mejores tecnologías ya en uso o en estado de desarrollo avanzado, ese porcentual puede ser reducido para entre 3 y 5%. Con eso en vista, solo una extrema eco-paranoia justificaría el temor de expulsión del cultivo de alimentos y hambre desenfadada en Brasil

## **7 CONCLUSIONES**

Las metas de sustitución de carburantes derivados del petróleo por biocarburantes en los países de la OCDE, y especialmente en los países europeos, son ambiciosas (5,75% en 2010 y 10% en 2020). La probabilidad de atender esa demanda a partir de sus propios factores de producción es escasa. Sin embargo, la

perspectiva de abastecimiento se torna más consistente al involucrar a los países americanos, localizados en la región intertropical del planeta, ya que éstos disponen de suelos agrícolas, agua dulce, biodiversidad, tecnología y mano de obra abundantes.

Entre los países iberoamericanos, seguramente el que tiene más experiencia es el Brasil, especialmente en la producción y uso de etanol como combustible (Proálcool, instituido en 1975) ya que la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de su producción está confirmada en estudios de Ciclo de Vida en toda su cadena de producción (a partir de caña de azúcar). Como resultado, actualmente el Brasil substituye más del 50% de su consumo de gasolina con etanol anhidro (mezclado a la gasolina, 25%) e hidratado (puro, utilizado en FFV). En el campo de la producción y uso de biodiesel su experiencia es más reciente (PNPB, 2003) pero todo indica que camina en el mismo sendero de éxito, dado que los factores de producción son similares a los del etanol. Otros países de la región, como Argentina y Colombia, entre otros, tienen también planos ambiciosos de producción y uso de biocarburantes.

Así, conocer las experiencias de producción y de uso de biocarburantes en Iberoamérica y las relaciones de oferta y de demanda de biocarburantes en el mercado, es de todo punto de vista conveniente en los países europeos para consolidar sus planos, metas y proyectos nacionales destinados a mejorar, diversificar y consolidar sus matrices energéticas, al mismo tiempo que pueden avanzar en la solución de sus problemas

ambientales, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Protocolo de Kioto; TETTI, 2002).

Entonces, el *Desarrollo de la Producción de Biocarburantes, Azúcar y sus relaciones con el Medio Ambiente en Ibero América*, busca traer nuevos conocimientos para promover la investigación y el debate en torno a la realidad de los países en al desarrollo. Para la producción de biocarburantes y azúcar, y de América Latina en particular, y para potenciar las posibilidad de diversificación y la sustentabilidad de la agroindustria de la caña de azúcar, remolacha y oleaginosas. Tanto para la producción de biocarburantes, como cultivos tradicionales (caña, remolacha y palma aceitera) y con nuevas materias primas.

El análisis incluye también propuestas sobre las posibilidades de comercialización dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio y la asociación en la fábrica de alcohol con el proceso de transesterificación de aceites vegetales para producir biodiesel. Tal escenario trae consigo la posibilidad de mejoras muy significativas en los balances sociales y ambientales muy significa para enfrentar de mejor manera los problemas que aquejan a estos países.

## 8. REFERENCIA BIOGRÁFICA

BERG, C. *World fuel ethanol analysis and outlook*. Abril/2004. Disponível em: <<http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>>. Acesso: 26/07/2008.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Secretaria de Comércio Exterior. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet - Aliceweb. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2009.

CABRINI, M. de F.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C. Mercado internacional de álcool: os recentes programas de uso do produto como combustível. *Agroanalysis*, v. 27, n.2, p. 36, fev. 2007.

CAMARGO, C.A (coord.). *Conservação de energia na indústria de açúcar e do álcool*. IPT, 1990. 796p.

FAO – UN Food and Agriculture Organization. Disponível em: < <http://www.fao.org/>>, consultado em 20/10/2010.

Embrapa. *Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar*. Organização Celso Vainer Manzatto... [et al.]. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p. (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 110).

FIGUEIRA, S.R. *Os programas de álcool como combustível nos EUA, no Japão e na União Européia e as possibilidades de exportação do Brasil*. Piracicaba, 2005. 245p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, C.. Qualicom 2005. In: *V Seminário de Combustíveis da Bahia*, 2005. Bahia. Disponível em: <[http://www.unifacs.br/acontece/download/mesa\\_redonda/Dr.%20Davidson%20de%20Magalh%C3%A3es.ppt](http://www.unifacs.br/acontece/download/mesa_redonda/Dr.%20Davidson%20de%20Magalh%C3%A3es.ppt)> Acesso: 20 de janeiro de 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/english/>>. Acesso em 10/10/2010.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. *Exportação de álcool: perspectiva de crescimento em 2006?*, 05/2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=5526>>. Acesso: 20/08/2010.

IPCC. *Cambio climático 2007*. Informe de síntesis. Contribución de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. [Equipo de redacción: Pachauri, R. K. y Reisinger, A. IPCC, Ginebra, Suiza, 104p.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. *Ethanol industry outlook*. New York, Feb. 2005. 20 p. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/outlook2003.shtml>> Acesso: 15/06/2006.

SILVEIRA, L.T. *Evolução do mercado internacional de álcool combustível: perspectivas e inserção brasileira*. 2001. 104 p. Monografia (trabalho de Conclusão do Curso de Economia Agroindustrial) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SOUZA, R.R. *Panorama, oportunidades e desafios para o mercado mundial de álcool automotivo*. Rio de Janeiro. 2006. 138p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TETTI, L. M. R. Protocolo de Kyoto: Oportunidades para o Brasil com Base em seu Setor Sucroalcooleiro; Um Pouco da História da Questão “Mudanças Climáticas e Efeito Estufa”. In: MORAES, Márcia Azanha Ferraz Dias de; SHIKIDA, Pery Francisco Assis (Orgs). *Agroindústria Canavieira no Brasil*. São Paulo: Atlas, 2002. 367p. Cap. 9, 199-213.

UNICA. *Cenários para o álcool*. Disponível em: <[http://www.encontrodeenergia.com.br/downloads/03-08-2006/Sala%2002/manha/antonio\\_de\\_padua\\_rodrigues.pdf](http://www.encontrodeenergia.com.br/downloads/03-08-2006/Sala%2002/manha/antonio_de_padua_rodrigues.pdf)>. Acesso: 24/08/2008.

UNICA. Estatísticas, no endereço: [www.unica.com.br](http://www.unica.com.br), site consultado em 20 de maio de 2011.

ORPLANA: [www.orplana.com.br](http://www.orplana.com.br), site consultado em 20 de maio de 2011.

**1 Antonio Rene Iturra. Ingeniero sénior del Ministerio de Ciencia y Tecnología del Brasil. Residente en Madrid, es consultor en Producción y Uso de Etanol y de Biodiesel. E-mail: ariturra@gmail.com**

**2 Fábio Cesar da Silva. Investigador de Embrapa Informática Agropecuária y professor da Fatec Piracicaba. Pós-doutorado en la Universidad Politécnica de Madrid / ETSIA, Campus Unicamp, Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo, Caixa Postal 6041- 13083-886 - Campinas, SP – Brasil Campinas SP (Brasil). E-mail: fcesar@cnptia.embrapa.br**

**3 Carlos Gregório Hernández Díaz-Ambroña. Ingeniero Agro., PhD, Prof. Titular del Dep. de Producción Vegetal: Fitotecnia – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Ciudad Universitaria, E-28040 Madrid, España. E-mail: carlosgregorio.hernandez@upm.es**