

# POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE ETANOL CARBURANTE EN COSTA RICA A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Marco Chaves Solera  
Director, Dirección Investigación y  
Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA),  
Costa Rica. E-mail: mchavez@laica.co.cr

**Palabras Clave:** Alcohol Carburante, Etanol, Bioetanol, Biocombustibles, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

A partir de 1973 y muy circunstancialmente luego del año 2002 la situación del incremento significativo y sostenido de los precios del petróleo verificado a nivel mundial, generando un aumento en el precio de las gasolinas, ha conducido a la humanidad a padecer una severa crisis energética de graves consecuencias para la sociedad y las economías de los países consumidores que como Costa Rica, son totalmente dependientes del hidrocarburo.

El mundo moderno ha ingresado a una etapa de transición profunda y difícil debido a los cambios abruptos acontecidos en las existencias, la producción, el refinamiento, la demanda, el suministro y la situación de los precios del petróleo. El encarecimiento de los combustibles fósiles afecta de manera muy desigual a las naciones y sus poblaciones, siendo el grupo de países pobres importadores de petróleo el más fuertemente impactado y afectado.

El incremento y el alto costo de los combustibles han generado una fuerte carga financiera para el país por concepto de Pago de la **Factura Petrolera**, como se demuestra en el Cuadro 1.

CUADRO 1  
Monto de la Factura Petrolera  
Costarricense Según Año.

AÑO	MILLONES US\$
1970	9,3
1975	66,5
1980	201,4
1985	166,7
1990	191,8
1995	264,5
1999	298,4
2000	472,0
2001	432,4
2002	423,5
2003	525,9
2004	698,7
2005	998,0
2006 *	1.053

FUENTE: Informe Estado de la Nación (2005)

\* Estimado

Para verificar y dimensionar el verdadero impacto que dicho gasto representa para el país, se expone el Cuadro 2, en el cual se anotan los ingresos percibidos por la venta de nuestros principales productos agrícolas en el exterior.

**CUADRO 2**  
Principales Productos Exportados por el Sector  
Agropecuario Costarricense (millones de US\$)

<b>PRODUCTO</b>	<b>2004</b>	<b>2005 a/</b>
<b>BANANO</b>	<b>532,88</b>	<b>475,38</b>
<b>CAFÉ ORO</b>	<b>199,59</b>	<b>230,64</b>
<b>PIÑA</b>	<b>256,25</b>	<b>325,48</b>
<b>MELÓN</b>	<b>70,11</b>	<b>75,16</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.058,83</b>	<b>1.106,66</b>

FUENTE: INFOAGRO (2006)

a/ Preliminar

Un simple ejercicio económico demuestra que durante el año 2005 fue necesario emplear en su totalidad los ingresos percibidos por la exportación de Banano, Café Oro y Piña por un valor de US\$ 1.031,50 millones para pagar la Factura Petrolera de ese año (US\$998 millones). Si estimamos el enorme esfuerzo y sacrificio social, productivo y económico que esto representa, es claro que resulta imperativo encontrar solución parcial a esa situación. La situación en los dos últimos años se torna más difícil, virtud de los problemas productivos acontecidos por motivos ambientales, de mercado y bajos precios.

Internacionalmente se considera que mediante el empleo de Biocombustibles, los países dependientes del petróleo podrían atenuar su necesidad energética en porcentajes próximos al 20-25, lo que redundaría en grandes e importantes beneficios socioeconómicos y ambientales. En esta iniciativa el aprovechamiento de la biomasa, los recursos renovables y el uso del etanol resultan determinantes en la resolución inteligente de la Matriz Energética nacional, como lo señalaran Blanco (2006), Calero (2004) y Musmanni (2006).

Esta realidad ha generado un interés creciente a nivel mundial por procurar encontrar nuevos combustibles alternativos y también nuevos aditivos oxigenados para las gasolinas, para lo cual se ha enfocado la atención y concentrado los esfuerzos de muchas naciones hacia el desarrollo y empleo de combustibles alternativos de origen vegetal (biomásico), como es el caso del bioetanol, el cual mantiene actualmente especial relevancia nacional, el biogás y el biodisel por las enormes ventajas, viabilidad y factibilidad que ofrecen. Se abren a su vez a partir de estas iniciativas interesantes oportunidades a varios sectores, particularmente al agropecuario y muy especialmente al cañero, de participar de manera determinante en la producción de la materia prima y el producto final, como lo señalaran Chaves (2003, 2006c) y Roldán (2006).

### **ANTECEDENTES NACIONALES**

Como señalara Chaves (2006c), “...la intención, el interés y sobre todo la imperiosa necesidad por procurar introducir e incorporar el etanol dentro de la Matriz Energética Costarricense, no es un asunto nuevo ni condicionado exclusivamente por la difícil situación que se padece actualmente a nivel mundial en esta materia, con graves consecuencias para las finanzas y el

*costo general de vida de nuestro país, provocada por los altos precios que ha mantenido el petróleo en forma sostenida durante los últimos años, tornando la situación como una verdadera “crisis” internacional de alcances potencialmente peligrosos.”*

Practicando una revisión en retrospectiva a las acciones y actuaciones realizadas en el país en torno al uso del etanol como carburante, se encuentra que en varias ocasiones nuestros gobiernos han pretendido utilizar el etanol en mezcla con la gasolina (Gasohol) como combustible nacional, procurando con ello contrarrestar y atenuar los fuertes impactos económicos y sociales inducidos por el petróleo.

A criterio de Chaves (1993, 2003, 2006bc), “*.., lo actuado políticamente en el país durante los últimos 31 años (1975-2006), período en el cual los problemas mundiales surgidos en torno al incremento desproporcionado y sostenido de los precios del petróleo han sido realmente excepcionales, cuyo desenlace final en la década de los años 70 fue la gran “crisis internacional de los energéticos” ocurrida en el año 1979, demuestra que han sido al menos tres los intentos nacionales formales por utilizar alcohol carburante.”*

Al revisar individualmente dichas iniciativas Chaves (2006bc) expresa lo siguiente:

*“El primer intento se dio a finales de los años 70 con la instalación en 1978 de una planta destiladora de alcohol anhidro en la región de Guanacaste, propiamente en la **Central Azucarera del Tempisque (CATSA)**, empresa en ese entonces estatal fundada en 1975 (FINTRA 1993). Para la zafra 1979/80 se produjeron 2,5 millones de litros de alcohol, en la 1980/81 el volumen fue de 2,1 millones y en la zafra 1981/82 se redujo a 1,9 millones. La destiladora fue cerrada por motivos políticos y financieros en enero de 1980 y reabierta en 1984.*

*Obligados por la vertiginosa y grave escalada de precios e incremento del costo general de vida en el país, inducidos por el alto valor de los combustibles, el Gobierno de la República decidió (SEPSA 1981, UCR 1981) utilizar el alcohol disponible en CATSA para uso interno, y operó durante 19 meses entre abril de 1981 y noviembre de 1982 un Programa de Uso de Gasohol con una mezcla etanol/gasolina en proporción de 20/80. Luego de 1983 como indicara Ruiz (1987) “...prácticamente se eliminó el uso de la mezcla, pasando únicamente al consumo del excedente existente.” Dicho programa se desarrolló en 33 estaciones de servicio del área metropolitana.*

*La iniciativa no rindió los resultados, aceptación y expectativas esperadas por los usuarios, lo que aconteció por varios motivos que actuaron en contra. Señala Chaves (1993) al respecto, que “El fracaso del Programa Nacional de Alcohol Carburante fue motivado según criterio de muchos conocedores, por razones como: ser opcional y no obligante, existencia de infraestructura deficiente (hidratación) principalmente en las plantas expendedoras (gasolineras), inseguridad en los efectos ocasionados sobre los vehículos, tecnología de modificación y ajuste de motores aparentemente poco desarrollada y desconocida en el país, y además, la fuerte campaña contraria promovida por otros grupos de interés”.*

*En referencia al mismo tema, Ruiz (1987) expresó que “este primer intento fracasó debido a la falta de experiencia, cuando no se tomaron las medidas del caso para acondicionar los depósitos de las estaciones expendedoras, ni se dieron oportunamente las indicaciones básicas al consumidor sobre cuidados iniciales y posteriores de los motores de los diferentes vehículos.”*

*Un segundo intento también fallido que no pasó de las buenas intenciones aconteció en 1988, cuando no sólo de los altos precios internacionales del crudo, sino también motivados por el dinámico desarrollo tecnológico (agrícola, industrial y automotriz), y los buenos resultados y aceptación de la experiencia que desarrollaba Brasil con el etanol, el Gobierno de turno decidió incorporar una mezcla del 10% en todas las gasolinas nacionales, lo que en la práctica nunca ocurrió (Chaves 2003, Ruiz 1987, Shadid 1987).*

*El año 2002 marca la intención más reciente y decidida del Gobierno de la República por procurar incorporar el etanol a nuestras gasolinas. Con la convocatoria gubernamental a varias instituciones, se inició un largo periodo de análisis, estudio, valoración y discusión de la necesidad, el potencial y la viabilidad de impulsar esa alternativa energética en el país, lo cual culminó con la formulación y promulgación del **Decreto Ejecutivo N° 31087 MAG-MINAE**. “*

### **PLAN PILOTO**

Resulta virtud de su trascendencia, importancia y actualidad, necesario indicar que desde el pasado 10 de febrero del 2006, se tiene en fase activa de ejecución operativa la etapa semifinal del **PLAN PILOTO**, consistente en el desarrollo del “**Proyecto de Distribución de Gasolina con Etanol en Costa Rica**”. Dicho Plan corresponde a un ambicioso, preconcebido y sistemático **Plan Estratégico Estatal** operado en este caso particular por **RECOPE** con el apoyo y participación de la **Dirección Sectorial de Energía (DSE)**, los **Ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG)**, **Ambiente y Energía (MINAE)** y **Obras Públicas y Transportes (MOPT)**, con la importante participación y colaboración de **LAICA**. Dicho **Plan** se formuló a través de la **Comisión Nacional de Alcohol** con fundamento en lo establecido por el **Decreto Ejecutivo N° 31087 MAG-MINAE** del 06 de mayo del 2003, aprobándolo en agosto del 2005, iniciando su operación podría decirse que desde el año 2004 (Canales 2006; Chaves 2006b; RECOPE 2005, 2006; Ulate 2006).

Como antecedentes a dicho Plan hay que señalar que el Gobierno de la República emite en octubre del 2004 la **Directriz N° 041-MP-H-MOPT-MINAE**, la cual se publica en julio del 2005 (La Gaceta N° 134 del 12 de julio), la cual consiste en un pretencioso **Plan de Contingencia al Consumo Nacional de Combustibles**, por medio del cual se gira instrucción al **MINAE, MAG y RECOPE**, a brindar como señalara Chaves (2006b), “...la prioridad debida a los estudios y el apoyo necesario a la utilización, con la brevedad y urgencia requerida, de biocombustibles en el país, especialmente a la introducción de las mezclas de gasolina regular con etanol anhidro. También se solicita (Artículo 11) presentar una propuesta para promover la mejora del parque automotor y la introducción de tecnologías limpias.”

De acuerdo con las autoridades de RECOPE (2005), dicho Plan “..consiste en una evaluación de la logística del manejo del etanol anhidro y su mezcla con la gasolina, con el fin de medir la capacidad real de las operaciones que se involucran: transporte del etanol mezclado con gasolina, venta a granel, transporte al punto de consumo y grado de conformidad del cliente. Con la puesta en marcha del plan piloto se pretende simular, en forma real, la logística de procura, mezcla y venta de alcohol con gasolina regular.”

En complemento a lo anterior, la misma institución controladora de los hidrocarburos y sus derivados asevera que *“Dicho Plan pretende evaluar toda a cadena de distribución iniciando con una dosificación de 7,5% de etanol en la mezcla, que se aumentará gradualmente hasta llegar a concentraciones del 10% Las pruebas arrancan en la gasolina regular, pero la intención es lograr la sustitución total del MTBE, presente principalmente en la gasolina súper, proceso que se daría paulatinamente (RECOPE INFORMATIVO 2006).”*

Chaves (2006b) indica en referencia al tema, que los fines y objetivos que pretende dicho Plan son:

**“OBJETIVO GENERAL:**

*Evaluar la logística y manejo de la gasolina con etanol, desde el mezclado en RECOPE hasta el punto de venta en las estaciones de servicio.*

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- a) Cumplir con los estudios previos que exige la introducción del etanol como carburante referente a logística y manejo sobre, compra, mezcla y distribución en las estaciones de servicio.*
- b) Crear confianza en el producto.*
- c) Dotar de destrezas al personal encargado de las funciones administrativas, contractuales, operativas y de logística.*
- d) Determinar la necesidad o no de un marco regulatorio específico.*

*Como acciones complementarias, el Plan prevé desarrollar varias actividades dirigidas al cumplimiento de los objetivos planteados, entre las que están:*

- ✓ Campañas de divulgación a los clientes y de educación al consumidor final.*
- ✓ Divulgación a las asociaciones de mecánicos y al Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y a los vendedores de automóviles nuevos y usados.*
- ✓ Campaña dirigida a los dueños, a los administradores de las estaciones de servicio y a los transportistas.*
- ✓ Inspección de las estaciones de servicio y atención de disconformidades*
- ✓ Acondicionamiento de la infraestructura de la Terminal de Distribución de Combustibles de Barranca.*
- ✓ Preparación de los laboratorios de Control de Calidad.*
- ✓ Contrato de Compra del etanol anhidro.”*

Como se anotó al inicio, el **“PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN DE GASOLINA CON ETANOL EN COSTA RICA”** fue concebido en su operación por RECOPE para ser implementado en cuatro Etapas sistemáticas que se describen en términos genéricos a continuación:

## **ETAPA I:**

Hubo un reforzamiento en lo concerniente a investigación y capacitación del personal de RECOPE en torno al tema del etanol, para lo cual se contó con la valiosa colaboración de **COMISIÓN ECONÓMICA PARA LA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL)** y la Empresa brasileña **PETRÓLEOS DE BRASIL (PETROBRAS)**.

## **ETAPA II:**

Se realizan estudios específicos de carácter socio-económico vinculados con la venta de la mezcla de gasolina con etanol en el país, que permiten evaluar el impacto y alcances de la implementación de dicha iniciativa a nivel nacional. Es en esta Etapa donde se planifica la estrategia a seguir con el Plan Piloto orientado a la venta de la gasolina con etanol en la región del Pacífico Seco de Costa Rica (provincias de Puntarenas y Guanacaste).

## **ETAPA III:**

Esta Etapa conllevó evaluar con detalle la logística a desarrollar y definir el área comercial de implementación del plan a ejecutar en la zona del Pacífico Central. Fueron aquí determinantes los resultados obtenidos a partir de los estudios socio-económicos efectuados. Se determinó también la inversión requerida y los costos operativos implícitos e implicados en la operación del **“Proyecto de Distribución de Gasolina con Etanol en Costa Rica”**. Así también, se preparan las instalaciones del Plantel de Barranca para realizar y operar la mezcla.

Se establecieron como asuntos a evaluar en esta Etapa elementos fundamentales como son:

- a) TÉCNICOS:** vinculados con la infraestructura y equipos requeridos, la mezcla a realizar, el transporte y el almacenamiento tanto del etanol, la gasolina como de la mezcla (Gasohol). Se toma como base el Plantel ubicado en Barranca, Puntarenas.
- b) DE CALIDAD:** caracterización de las pruebas de calidad y definición de los términos de calidad mínima de la mezcla y sus dos materias primas.
- c) DE COMERCIALIZACIÓN:** análisis y definición de materias importantes como el precio a fijar por el producto final, precio y condiciones de compra del etanol, los márgenes de los participantes, el cumplimiento de las normas impuestas por parte de las Estaciones de Servicio. Se confeccionó el Manual de Operaciones.
- d) AMBIENTALES Y LEGALES:** revisión del marco legal y ambiental específico vinculado con la implementación de la iniciativa, valorando los alcances y viabilidad de su aplicación.

## **ETAPA IV:**

En esta Etapa prevista ejecutar como término último en febrero del 2007, aunque podría ser antes según el estado de necesidad, el Gobierno de la República deberá tomar la decisión luego de revisar, analizar y dimensionar los resultados alcanzados por el Plan Piloto, las capacidades nacionales reales (actuales y futuras) y el entorno internacional, de si se implementa la venta de gasolina mezclada con etanol (Gasohol) a nivel nacional.

## ACTUALIDAD DEL PROYECTO

Actualmente el PLAN PILOTO se encuentra en la fase intermedia de ejecución de la Etapa III del Plan, que como se indicó, ya se había ya iniciado con anterioridad al momento de operar la fase de comercialización de la mezcla, procurando como objetivo general demostrar la viabilidad de uso del etanol como aditivo oxigenante para las gasolinas.

Los costos de implementación y operación de dicho Plan fueron estimados y detallados por Ulate (2006) en un Monto Total de €295.436.986,30 (US\$588.519,9), desagregados en €33.177.942,79 (US\$66.091,5) en Gastos Operativos y €261.811.142,98 (US\$521.536,1) en gastos de índole Comercial, lo que representa un 11,23% y un 88,62%, respectivamente; los cuales se agregan al gasto que por Seguridad, Higiene Laboral y Ambiente correspondiente a €178.726 (US\$356,0) se erogó equivalente al 0,06% y también el de Control de Calidad por €269.174,50 (US\$536,2) correspondiente a un 0,09%. Según el autor dichos gastos cubren hasta el 30 de marzo del 2006.

Dicho Plan emplea como se comentó anteriormente, una mezcla comercial de etanol entre 7-8% (E 7-8) adicionada a la gasolina regular en la región del Pacífico Central (provincias de Puntarenas y Guanacaste), donde existen aproximadamente 64 estaciones de servicio activas, esperando cubrir aproximadamente 70 mil vehículos, lo que generará información valiosa y determinante respecto a la eficiencia y aceptación pública del nuevo combustible. No se utilizó una mezcla del 10% de mezcla, en consideración de que superaba lo establecido legalmente por la norma vigente de no superar el máximo de oxigenación autorizado para nuestras gasolinas del 2,8% (RECOPE 2005, Chaves 2006abc, Ulate 2006).

En la Etapa última (IV) deberán definirse y realizarse próximamente, caso la decisión sea positiva, varias actividades y acciones importantes como son:

1. Proveer a los Planteles de RECOPE distribuidos en el país de la infraestructura necesaria para almacenar, mezclar los componentes y distribuir el Gasohol, para lo cual se estima necesario realizar una inversión próxima a los US\$3 millones.
2. Crear, regular y operar el Marco Político necesario que permita incentivar la producción nacional; favorecer la inversión privada; asegure el libre ingreso, la participación y la equidad en la actividad de los Biocombustibles; establezca los incentivos necesarios; fortalezca y promueva la participación de los grupos asociativos de pequeños y medianos productores; favorezca la importación de vehículos con tecnología apropiadas; incentive la investigación, la innovación y la capacitación en materia de Biocombustibles, entre muchos otros.
3. Emitir (deseable y necesario) una Ley Marco y de ser necesario una normativa específica que defina la cadena de comercialización, regule, fiscalice, incentive y favorezca la producción de Biocombustibles nacionales, no exclusivamente sólo etanol.
4. Definir los precios de compra al oferente de etanol y demandante de la mezcla.
5. Definir lo concerniente al porcentaje de mezcla; la normativa de calidad y las especificaciones técnicas de la mezcla y sus materias primas (etanol-gasolina); establecer las especificaciones técnicas mínimas de la mezcla; definir los puntos de control de calidad en el proceso; definir lo relativo a la fiscalización de las estaciones de servicio; el

- grado (%) de oxigenación de las gasolinas; tratamiento (devolución?) del producto no conforme; normas y protocolos de seguridad y otros tópicos técnicos relacionados.
6. Desarrollar una amplia y adecuada campaña divulgativa y de educación que informe sobre la iniciativa, el producto y sus beneficios de manera que genere confianza. Dicha campaña nacional debe ser inclusiva para clientes-usuarios finales, transportistas, administradores y operadores de estaciones de servicio, mecánicos, técnicos, vendedores de autos, entre otros.
  7. Definir y Establecer criterios generales que viabilicen la participación de los Sectores Agropecuario y Energía en la iniciativa nacional.

### **PRUEBAS VEHICULARES**

Es importante destacar que entre enero y junio (6 meses) del 2005 se realizó una prueba de rendimiento y eficiencia técnica donde se empleó 30 vehículos pertenecientes a RECOPE, cuyo objetivo fue evaluar los efectos en los motores y el efecto de una mezcla de gasolina regular con un 10% de alcohol (gasolina E-10). Las variables evaluadas en esa ocasión en cuatro muestras en cada vehículo (109 en total) fueron: consumo/mes, kilómetros recorridos/mes y medición de emisión de gases.

El resultado final de la prueba fue en términos generales positivo, ya que:

- ✓ Se observó un rendimiento mayor con la gasolina E-10 respecto a la gasolina regular actual.
- ✓ En ningún momento los vehículos requirieron de mantenimiento correctivo durante el periodo de prueba, pues no se presentaron daños mecánicos en los motores que lo justificaran.
- ✓ Las emisiones de HC (combustibles no quemados) y CO (Monóxido de Carbono) no superaron los límites nacionales establecidos y fueron similares a los obtenidos con la gasolina regular actual, no marcando diferencia relevante.

Los resultados anteriores ratifican lo que está demostrado a nivel mundial, fortaleciendo con ello la viabilidad del proyecto (Chaves 2006b; Siles 2006; Ulate 2006).

### **PRODUCCIÓN NACIONAL DE BIOETANOL**

#### **1) UNIDADES FABRILES**

Actualmente el alcohol nacional con potencial para uso carburante es producido en tres unidades fabriles: **TABOGA**, **CATSA** y **PUNTA MORALES**, donde las dos primeras corresponden a Ingenios Privados y la última es una planta Deshidratadora – Rectificadora propiedad del Sector Azucarero (LAICA).

El Cuadro 3 adjunto expone las características más relevantes y esenciales de cada unidad.

### CUADRO 3

#### Caracterización Agroindustrial de las Unidades Fabriles que Producen Alcohol en Costa Rica.

INDICADOR	PLANTA		
	TABOGA	CATSA	PUNTA MORALES
Ubicación:			
- Provincia	Guanacaste	Guanacaste	Puntarenas
- Cantón	Cañas	Liberia	Puntarenas
- Distrito	Bebedero	Liberia	Chomes
Coordenadas:			
- Latitud (Norte)	10° 20' 96"	10° 30' 54"	10° 03' 30"
- Longitud (Oeste)	85° 10' 79"	85° 33' 45"	84° 58' 15"
Altitud (msnm)	23	24	0 – 5
Precipitación Total Anual (mm) <sup>1/</sup>	1.939,7	1.854,6	1.600,0
Temperatura (°C):			
- Máxima <sup>1/</sup>	32,3	32,9	32,8
- Media	27,8	26,8	27,9
- Mínima	23,4	22,3	23,0
- Variación Máx.- Mín.	8,9	10,6	9,8
Humedad Relativa Media (%) <sup>1/</sup>	72,4	75,0	81,0
Brillo Solar Media (horas y décimas) <sup>1/</sup>	7,1	7,4	6,9
Radiación Solar Media (MJ/m <sup>2</sup> ) <sup>2/</sup>	20,3	15,9	15,6
Viento (km/hora) <sup>3/</sup>	12,8 (N – NE)	11,7	5,5 (S)
Evaporación Media Anual (mm) <sup>4/</sup>	6,8	7,7	5,3
Orden Predominante de Suelos	Inceptisol (65%) Vertisol (30%)	Vertisol (70%) Inceptisol (17%) Mollisol (13%)	-
Número de Entregadores de Caña *	784	1.270	-
Capacidad de Molienda de Caña del Ingenio (TM nominales/día) *	6.500	6.300	-
Capacidad Destilación Planta (lt/día) *	150.000	240.000	438.555
Caña Procesada (TM) *	665.105,7	555.345,2	-
Azúcar Fabricada 96° (TM) *	72.299,7	56.470,3	-
Melaza Producida (TM) *	24.912,7	19.198,9	-
Alcohol Procesado (litros) *	13.168.489,4	12.812.244	98.911.850 **
Rendimiento de Melaza (kg/TM) *	37,46	34,57	-
Rendimiento Industrial (kg/TM) *	108,70	101,68	-
Días de Zafra *	120	105	226 **
Inicio de Zafra *	04/12/05	12/12/05	
Final de Zafra	12/04/06	28/03/06	ANUAL
Ciclo Vegetativo del Cultivo (Meses) *	11 - 12	11 - 12	-
Origen del Alcohol (Materia Prima)	Melaza	Melaza	Hidratado Importado
Principales Variedades Cultivadas *	NA 56-42 (33,3%) CP 72-2086 (20%) B 80-689 (15%) CP 72-1210 (6,4%)	NA 56-42 (29,1%) B 80-689 (28,9%) CP 72-2086 (14,1%)	-
Condición de Maduración de la Caña	Muy Buena	Muy Buena	-
Mecanización de la Cosecha (%) *	65	95	-

FUENTE: Elaborado por el Autor (2006c).

Información Referida a la zafra 2005/2006

\* Correspondientes a zafra 2005/2006.

\*\* Correspondiente a zafra 2004/2005.

1/ Promedio Anual Años 2003, 2004 y 2005.

2/ Promedio Anual Periodo 1984-2004

3/ Promedio Anual Periodo 1983-1987

4/ Promedio Anual Periodo 1972-1983

Valores de Punta Morales corresponden a Estación Chacarita (Puntarenas) con promedios de periodos de medición variables de 1958-2000

Valores de Humedad, Brillo y Radiación de CATSA proceden de Aeropuerto Llano Grande (Liberia) con promedios de periodos de medición variables de 1975-2004.

## 2) MATERIA PRIMA

Los antecedentes y la evidencia internacional relacionada con las materias primas viables y con potencial para servir como materia prima en la fabricación de bioetanol, han demostrado que el mismo puede obtenerse a partir de diversas fuentes biomásicas renovables, como indicara Chaves (2003, 2004ab) al nombrar aquellas Ricas en Sacarosa, Glucosa o Fructuosa como la caña de azúcar, la remolacha azucarera, la melaza, las uvas y la pulpa de frutas; también indica que a partir de Materias Ricas en Almidón como maíz, sorgo, trigo, cebada, arroz, los tubérculos como yuca, papa, camote, malanga, tiquizque, etc., ofrecen un interesante potencial. Los Residuos Lignocelulósicos como la madera y materias afines, la paja de cosechas y la biomasa herbácea.

Con base en esos términos, Chaves (2004a) calificó las materias primas como sigue:

<b>DIRECTAMENTE FERMENTABLES</b>	<b>GLUCOSA: Pulpa de Frutas</b>
	<b>FRUCTUOSA: Pulpa de Frutas</b>
	<b>SACAROSA: Caña Azúcar, Remolacha Azucarera, Sorgo Sacarino</b>
<b>INDIRECTAMENTE FERMENTABLES</b>	<b>ALMIDÓN: Yuca, Maíz, Papa, Tubérculos, Camote, Granos de Cereales, Banano, etc.</b>
	<b>CELULOSA: Madera, Bagazo, Palma, Paja, Residuos Vegetales, etc.</b>

El etanol puede ser obtenido también por vía Sintética mediante la Hidratación Catalítica del Etileno o por reacción de adición de Ácido Sulfúrico e Hidrólisis posterior.

Costa Rica valora actualmente empleando criterios técnicos y empresariales la opción de producir bioetanol a partir del sorgo y en alguna medida del banano de desecho (Chaves 2004a, 2006a; Alfaro y Mora 2006), pese a lo cual sigue siendo la caña de azúcar la mejor opción desde casi todas las perspectivas en que se analice.

De acuerdo a un estudio de Consultoría realizado por el Dr. Luis Antonio Horta Nogueira en el año 2005 a la CEPAL, el cual fue analizado y comentado por Chaves (2006a), concluyó el especialista brasileño que los indicadores analizados “..no parecen recomendar la utilización del sorgo como materia prima para producir etanol en Costa Rica.”. Agrega Chaves (2006a) a esa conclusión que “De acuerdo con esta trascendente conclusión del consultor, esa alternativa agrícola debe ser analizada y valorada con mayor detenimiento y especificidad para determinar su verdadera y real factibilidad técnico-económica.”.

Resulta en este punto necesario dejar muy claro para evitar malentendidos y confusiones, que la opción de producir etanol a partir de materias primas originadas en fuentes diversas, principalmente renovables, no es hoy día un problema de índole técnico, sino que la

identificación y selección de la mejor alternativa corresponde a una decisión fundamentalmente económica, máxime por tratarse de volúmenes significativos y una actividad de carácter empresarial-privada. Aquí lo importante y relevante es determinar el menor costo de la unidad alcohol, obviamente manteniendo otras variables en condiciones semejantes, como acontece con los asuntos tecnológicos, ambientales y energéticos implícitos. La experiencia y antecedentes a favor del etanol es amplia y contundente.

En el país tradicionalmente y muy particularmente durante los últimos años, se ha empleado como materia prima básicamente la melaza de caña para obtener etanol, pese a lo cual en años anteriores operó también con algún éxito relativo, pese a las dificultades tecnológicas implícitas, la producción a partir directamente de jugo de caña. TABOGA y CATSA emplean sus propias melazas y las de otros ingenios en su proceso industrial de fabricación de etanol.

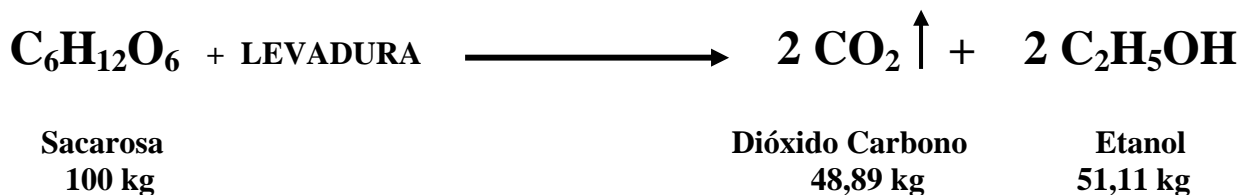
De acuerdo con Chaves (2006c), “..se debe tener muy claro en esta materia virtud de su conceptualización y alcances, que la opción de producir etanol a partir de melaza como materia prima opera como una medida económica de revaloración e incorporación de Valor Agregado; en tanto que en el caso del etanol obtenido directamente del jugo (secundarios), la alternativa resulta Sustitutiva de un producto final (azúcar), lo que tiene perspectivas comerciales, económicas e implicaciones financieras y tecnológicas más profundas.”

### 3) OBTENCIÓN DE ALCOHOL

La biomasa azucarada directamente fermentable como es el caso de la caña de azúcar difiere de otras materias en cuanto a la obtención de etanol, debido a que los materiales amiláceos (indirectamente fermentables) por ejemplo, deben ser pretratados por cocimiento y Acción Enzimática para Hidrolizar el Almidón contenido a azúcares fermentables.

La biomasa celulósica es más difícil de convertir a etanol que la azucarada o la amilácea, ya que su estructura fibrosa Lignocelulósica debe ser sometida a un pretratamiento en presencia de ácido para romperla. Mediante el empleo de enzimas se Hidroliza la Celulosa a moléculas más simples de Sacarosa, proceso conocido como Hidrólisis de Celulosa. Los azúcares obtenidos son fermentados vía fermentación convencional para obtener el alcohol (Odió 2004).

Los Hidratos de Carbono son por su parte convertidos mediante Fermentación Microbial Anaeróbica en temperaturas próximas a 33 °C en Etanol y Dióxido de Carbono de acuerdo con los términos de la *Ecuación de Gay-Lussac* como se describe seguidamente, pudiendo obtenerse como rendimiento teórico (máximo) a partir de 100 kg de Sacarosa 48,88 kg de Dióxido de Carbono y 51,11 kg de Etanol:



De acuerdo con Odio (2004) “..los rendimientos que se pueden alcanzar a partir de la melaza, jugo de caña o mezcla de ambos se destaca lo siguiente:

- A partir de 1 TM de melaza con 45-50% de azúcares fermentables puede obtenerse 250-280 litros de alcohol 100% (4-3,57 kg melaza/litro etanol)
- A partir de 1 TM de caña con 13-14% de azúcar pueden obtenerse 72 a 78 litros de alcohol 100%
- A partir de 0,7 TM de caña y 0,3 TM de melaza se pueden obtener 125 a 135 litros de alcohol 100%. “

Cabe destacar que en el caso particular de Costa Rica el etanol se obtiene predominantemente a partir de la fermentación de la melaza, pese a lo cual también se ha obtenido por fermentación directa del jugo. Brasil emplea ambas fuentes en su proceso industrial. Las fermentaciones hechas a partir de la melaza son mucho más rápidas que las realizadas a partir de cereales o granos, razón por la cual generan mucho calor requiriendo por ello la incorporación de sistemas eficientes de enfriamiento; además de la adición de enzimas y nutrimentos como fuentes de Nitrógeno y Fósforo que optimizan el proceso (Sulfato de Amonio, Urea y Fosfato Diamónico). El crecimiento de la levadura es a su vez mejorado incorporando Vitamina B como Biotina, Ácido Pantoténico y el Inosol (Odio 2004; Arias y Díaz 2006).

#### **4) INFRAESTRUCTURA EXISTENTE**

Siendo la producción de alcohol una actividad casi exclusiva e históricamente desarrollada por El Estado y la agroindustria azucarera, vale indicar que dicho sector cuenta en la actualidad con tres unidades industriales donde se fabrica y rectifica alcohol, las cuales se encuentran ubicadas en la costa pacífica (< 30 msnm), propiamente en las provincias de Puntarenas y Guanacaste (Pacífico Seco). Dichas unidades son: **CATSA, TABOGA y PUNTA MORALES**, las cuales iniciaron operaciones en los años 1978, 1984 y 1984, respectivamente.

LAICA dispone en Punta Morales con una planta Deshidratadora asociada a otra Rectificadora de Alcohol. Dicha terminal cuenta con 9 tanques para almacenar alcohol con una capacidad total de 41 millones de litros (10,8 millones de galones).

De acuerdo con lo anotado por Chaves (2006c), “La capacidad nominal actual de producción de dichas plantas alcohólicas es de 240 mil en el caso de CATSA y 150 mil en TABOGA para un total de 390 mil litros por día (103.175 galones) con una media aproximada de 112 días de operación por año. A ellas se suma Punta Morales con 438.555 litros/día (116.020 galones) para un total nacional de 828.555 litros/día (219.194 galones), planta que en la zafra 2004/2005 laboró durante 226 días y en la 2003/2004 un total de 282 días.”

La **Fábrica Nacional de Licores (FANAL)** cuenta adicionalmente con otra unidad de destilación con capacidad para 40 mil litros/día (10.582 galones), aunque de operación muy errática con tendencia a reducir operaciones y cuyo destino es exclusivamente la elaboración de licor para consumo nacional y exportación. Actualmente el Gobierno hace ingentes esfuerzos por procurar rescatar, fortalecer y posicionar esta empresa en condición de operar en forma competitiva y rentable, pues el resultado actual es económicamente cuestionable por lo que habrá que esperar. La planta Deshidratadora-Rectificadora de Punta Morales procesa actualmente exclusivamente

alcohol carburante dirigido al mercado norteamericano bajo los beneficios que le otorga la **Iniciativa de la Cuenca del Caribe (CBI)**. Las unidades de TABOGA y CATSA elaboran además del etanol carburante, alcohol con otros destinos como el industrial y el de los licores.

Las empresas responsables de las unidades privadas tienen previsto realizar próximamente importantes inversiones con el objeto de ampliar capacidades, mejorar y modernizar procesos incorporando nuevas y eficientes tecnologías. En el caso particular de Punta Morales, se valora la posibilidad de ampliar la planta de alcohol o, en su caso, la construcción de otra nueva con capacidad para 600 mil litros/día, todo lo cual dependerá de la forma en que evolucione el mercado y el negocio del etanol.

## 5) PRODUCCIÓN DE ETANOL

Según Chaves (2006bc), *“La producción de alcohol tanto anhidro como hidratado en Costa Rica tiene orígenes y antecedentes bastante antiguos en el tiempo. Desde el año 1979 se reportan las primeras producciones de etanol realizadas en las destiladoras de CATSA, realizándose en 1985 la primera exportación nacional dirigida al Estado de la Florida en los EUA.”*

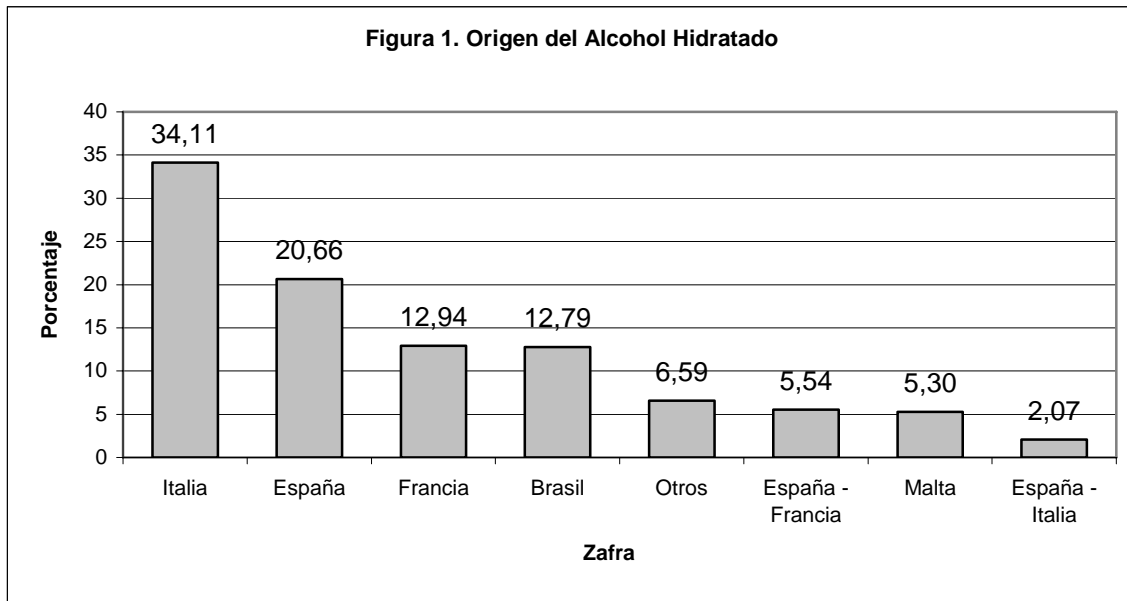
Una revisión de antecedentes nacionales, revela que la agroindustria azucarera costarricense elabora alcohol como se anotó con anterioridad desde el año 1979, o sea, desde hace 27 años y lo viene exportando de manera continua y sostenida luego de 1985, o sea, durante los últimos 21 años, lo que demuestra y ratifica la gran capacidad y experiencia adquiridas en esta materia (Chaves 1993, 2003, 2006bc).

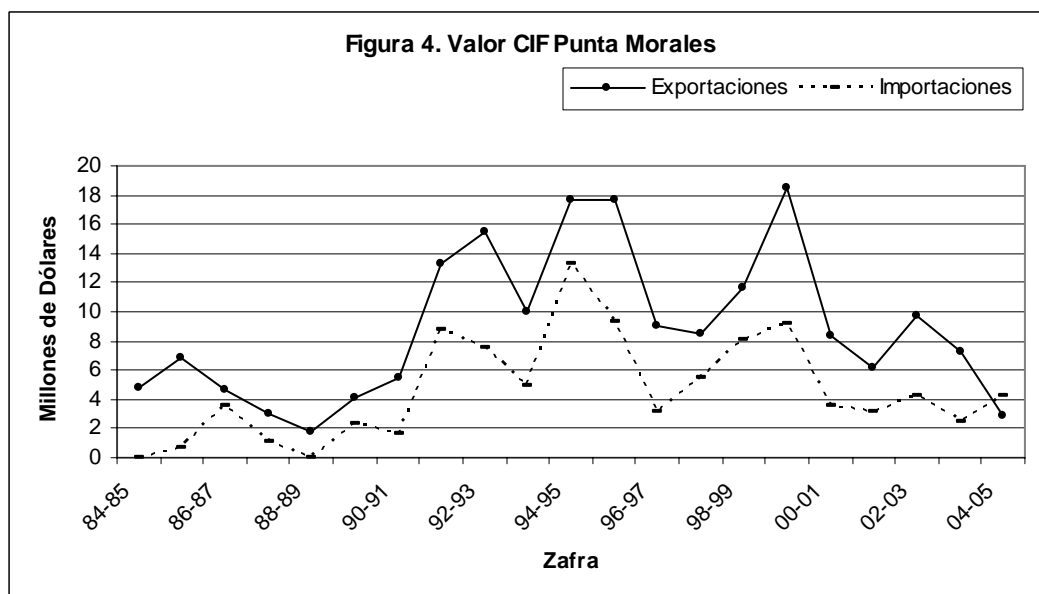
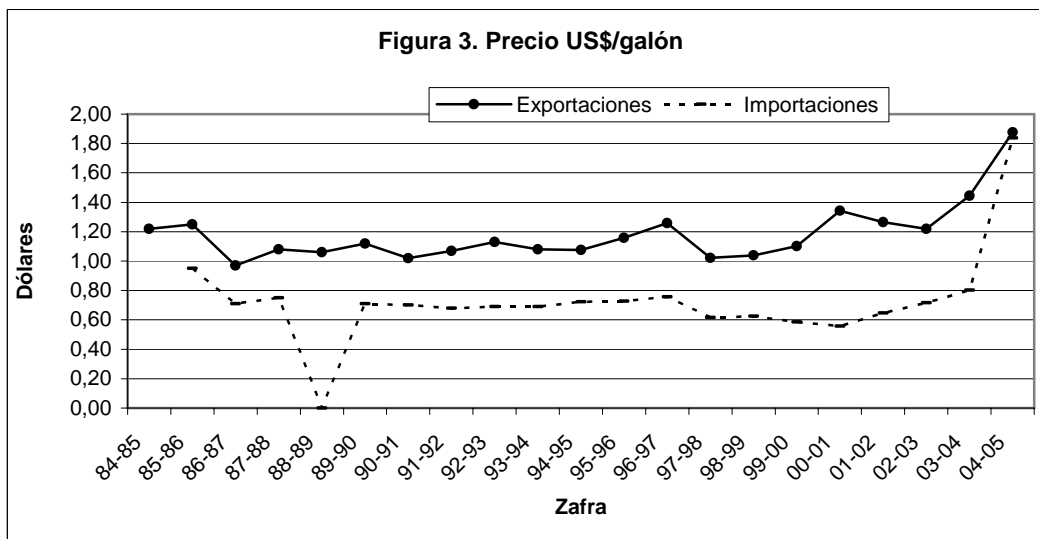
LAICA reprocessa (deshidratación-rectificación) Alcohol Hidratado de bajo grado alcohólico ( $\approx 94-95^\circ$ ) en su planta de Punta Morales, procedente de varias materias primas (uva, remolacha, caña), el cual es importado de diversos países. Durante los últimos 20 años (1985-2005), Italia ha sido de acuerdo con Chaves (2006c) el mayor proveedor, representando el 34,11% (46,7 millones de galones) del total importado por el país en ese largo periodo de años (136.793.526,5 galones o 517.804.535,9 litros), seguido por España y Francia con el 20,7 (28,3 millones de galones) y 12,9% (17,7 millones), respectivamente. En los últimos años principalmente, Brasil a representado un oferente importante, habiéndose importado de ese país el 12,8% (17,5 millones), como se muestra gráficamente en la Figura 1.

Una vez elaborado el etanol carburante sea por parte de los Ingenios CATSA y TABOGA o, en su caso Rectificado por LAICA, el mismo es exportado de manera parcial o total, respectivamente, a los EUA bajo las condiciones y beneficios otorgados por la **Iniciativa de la Cuenca del Caribe (CBI)** al país desde el año 1983. Parte del Alcohol producido por los dos Ingenios privados es destinado a la exportación como “Alcohol Neutro”, o en su caso, vendido a la FANAL para la elaboración de sus licores.

En las Figuras 2, 3 y 4 se anotan para el periodo 1984-2005, las cantidades (en millones de galones) de Alcohol Hidratado Importadas y Exportaciones de Alcohol Anhidro realizadas por LAICA; así como también, el Precio (US\$/galón) pagado (compra y venta) por dicho alcohol y el Precio CIF - Punta Morales implicado en dicha transacción (en millones de US\$), respectivamente. Destaca en todos los casos la existencia de un **Diferencial Importación – Exportación** positivo, que representa la ganancia sin incluir costos de proceso industrial

alcanzada por el Sector Azucarero en el Proceso de Deshidratación – Rectificación aplicado en este caso a la materia prima importada.





El Cuadro 4 expone el resultado global de la Actividad Comercial de **Importación-Tratamiento-Exportación de alcohol**, desarrollada por LAICA durante el periodo de 21 años transcurrido entre los años 1984 y el 2005.

**CUADRO 4**  
Caracterización de la Actividad Comercial del Etanol Desarrollada por LAICA en Punta Morales. Periodo 1984-2005 (21 años).

INDICADOR	IMPORTADO			EXPORTADO		
	GALONES	US\$	CIF	GALONES	US\$	CIF
TOTAL	139.424.594,9	14.4689	96.967.771	164.028.433	24,806	186.888.618
PROMEDIO	7.338.136,6	0,7615	5.103.566,9	7.810.877,8	1,1812	8.899.458
VALOR MÁXIMO	18.226.363,7	1,8363	13.229.395	16.822.091	1,8768	18.525.048
VALOR MÍNIMO	791.838,0	0,5574	752.246	1.555.644	0,9700	1.752.192
AMPLITUD	17.434.525,7	1,2789	12.477.149	15.266.447	0,9068	16.772.856
DESV. ESTANDAR	5.026.307,85	0,2665	3.273.600,14	4.658.563,7	0,1937	4.994.942,2
C.V (%)	68,50	35,00	64,14	59,64	16,40	56,13
N° Observaciones	19	19	19	21	21	21

FUENTE: Chaves (2006c).

El Cuadro 5 y la Figura 5 detallan por su parte el destino seguido por la Melaza producida por los Ingenios nacionales durante el periodo 1987-2005 (18 años), verificándose un evidente redireccionamiento del mismo luego de la zafra 1996-97, mostrando una tendencia decidida hacia la elaboración de Etanol y menos hacia el consumo interno, como consecuencia de las nuevas e interesantes oportunidades de negocio surgidas en torno a la producción de bioetanol.

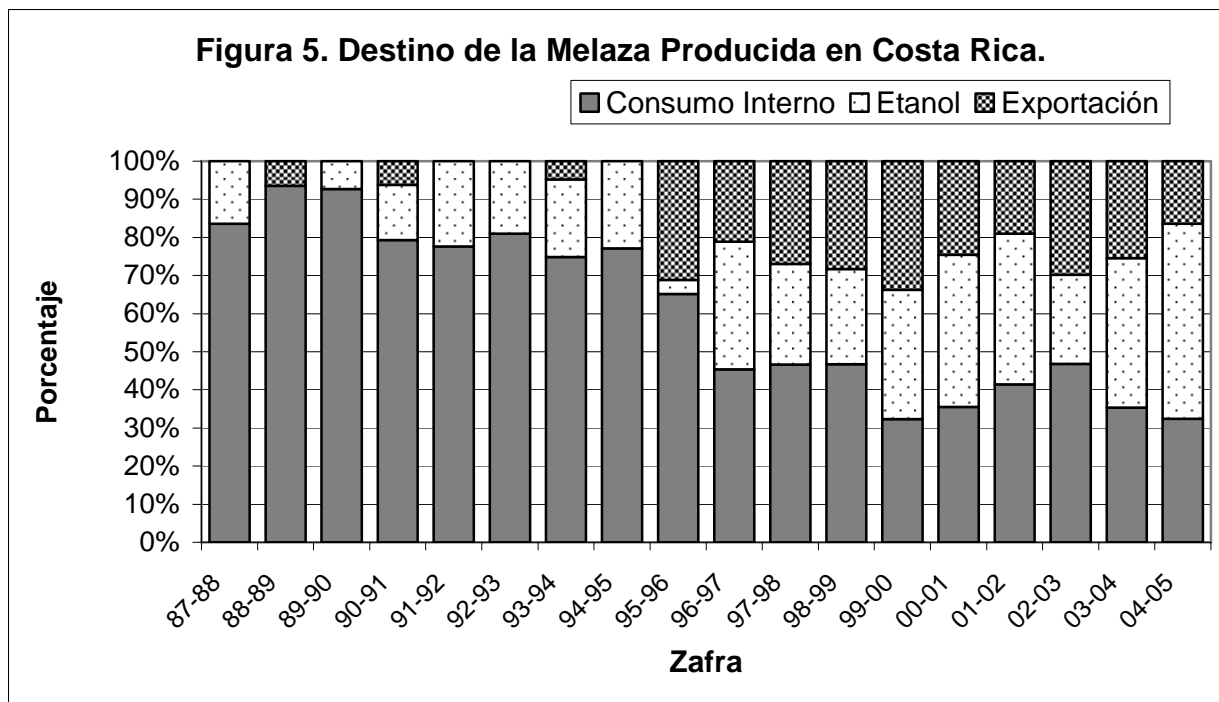
**CUADRO 5**  
Producción (TM) y Destino de la Melaza Producida en Costa Rica por el Sector Azucarero.  
Periodo 1987 – 2005 (18 años).

ZAFRA	TOTAL PRODUCIDO	%	CONSUMO INTERNO	%	ELABORACIÓN ETANOL	%	EXPORTACIÓN	%
87 - 88	107.397	100,0	89.792	83,6	17.605	16,4		
88 - 89	86.848	100,0	80.498	92,7			6.350	7,3
89 - 90	99.029	100,0	91.761	92,7	7.268	7,3		
90 - 91	108.656	100,0	86.177	79,3	15.782	14,5	6.697	6,2
91 - 92	114.165	100,0	88.595	77,6	25.570	22,4		
92 - 93	123.775	100,0	100.244	81,0	23.530	19,0		
93 - 94	128.691	100,0	96.405	74,9	26.130	20,3	6.156	4,8
94 - 95	137.541	94,2	99.989	72,7	29.552	21,5		
95 - 96	129.560	104,4	88.092	68,0	5.000	3,9	42.168	32,5
96 - 97	115.939 *	104,6	55.073	47,5	40.511	35,0	25.667	22,1
97 - 98	166.923	95,4	74.282	44,5	42.127	25,2	42.914	25,7
98 - 99	141.180	101,3	66.809	47,3	35.652	25,3	40.521	28,7
99- 00	129.774	103,4	43.343	33,4	45.583	35,1	45.299	34,9
00 - 01	139.840	101,0	50.170	35,9	56.406	40,3	34.610	24,8
01 - 02	138.436	99,4	57.107	41,2	54.463	39,3	26.097	18,9
02 - 03	137.909	98,6	63.724	46,2	31.710	23,0	40.523	29,4
03- 04	154.187	101,8	55.456	36,0	61.441	39,9	40.011	25,9
04 - 05	148.413	101,8	49.007	33,0	77.226	52,0	24.837	16,7
TOTAL	2.308.263	1.805,9	1.336.524	1.087,5	595.556	440,4	381.850	277,9
PROMEDIO	128.236,8	100,3	74.251,3	60,4	35.032,7	25,9	29.373,1	21,4
VALOR MÁXIMO	166.923	95,4	100.244	81,0	77.226	52,0	45.299	34,9
VALOR MÍNIMO	86.848	100,0	43.343	33,4	5.000	3,9	6.156	4,8
AMPLITUD	80.075	4,6	56.901	47,6	72.226	48,1	39.143	30,1
DESVIACION ESTANDAR	19.608,29	2,54	18.721,9	21,02	19.087,12	12,37	14.191,63	10,03
C.V (%)	15,29	2,53	25,21	34,80	54,48	47,76	48,32	46,87
Nº Observac.	18	18	18	18	17	17	13	13

FUENTE: Chaves (2006c)

\* En la zafra 1996-97 se realizó una importación de 3.012 TM de miel.

\*\* Debe tenerse presente la existencia de Inventarios Iniciales y Finales en cada zafra, lo que interviene y distorsiona el cálculo de los porcentajes.



## 5) REQUERIMIENTO NACIONAL

En relación a la cantidad de etanol requerida para cumplir con la expectativa del programa y satisfacer las necesidades nacionales, hay varios elementos que oportunamente apuntara y comentara Chaves (2003), que en forma directa la intervienen y definen, entre los cuales pueden citarse los siguientes:

- Consumo real y tendencias de consumo de combustibles por tipo.
- Tipo(s) de gasolinas a considerar: Regular, Super o ambas.
- Nivel (porcentaje volumen) de mezcla por utilizar (E 10?).
- Estrategia de uso y distribución: localidades, ciudades, modelos de vehículos, etc.

Como se ha podido verificar, el incremento desmedido acontecido en el precio de la gasolina ha provocado un mayor consumo de diesel y un menor consumo de gasolina super, lo que obviamente de mantenerse la situación de precios altos, las tendencias variaran hacia el menor consumo de gasolina, el empleo de vehículos más económicos y la adopción de medidas de ahorro, entre otras.

De acuerdo a las estimaciones realizadas oportunamente por RECOPE, la cantidad de etanol requerida suponiendo la incorporación de una mezcla del 10% (E 10) en función de las proyecciones nacionales de consumo, son para ambas gasolinas las siguientes:

## CONSUMO ESTIMADO DE GASOLINA Y ETANOL EN COSTA RICA

AÑO	REGULAR	SUPER	TOTAL <sup>1/</sup>	ETANOL <sup>2/</sup>
2005	131,6	106,5	238,1	23,81
2006	136,8	110,2	246,9	24,69
2007	142,1	111,7	253,8	25,38
2008	147,7	114,0	261,7	26,17
2009	153,5	115,0	268,5	26,85
2010	159,5	116,5	276,0	27,60

1/. Estimación media de RECOPE dada en Millones de Galones.

2/. Se estimó suponiendo una sustitución del 10%, en Millones de Galones.

Según Chaves (2003, 2004b), “...se prevé en el país un “relativo equilibrio” en el consumo de ambas gasolinas en los próximos años, con tendencia a un incremento leve de la gasolina Regular respecto a la Super; la participación de la gasolina Regular pasa del 55,3% en el 2005 al 57,8% en el 2010.”

La cantidad de etanol requerida para satisfacer la necesidad nacional de incorporar una mezcla del 10% en ambas gasolinas (Regular y Super), se vería apenas satisfecha con la capacidad nominal actual de destilación que posee el sector azucarero nacional; esto proyectando sobre la producción de las destiladoras de CATSA y TABOGA, sin incorporar ajustes ni mejoras para expandir sus capacidades actuales. Como se anotó en el Cuadro 3, la producción de etanol en la zafra 2005-2006 por parte de TABOGA fue de 13,2 millones de litros, la de CATSA de 12,8 millones para un total de 26 millones; LAICA procesó y exportó por su parte, 99 millones de litros. Si la adición de etanol ocurriera sólo sobre la gasolina Super, la necesidad podría entonces ser satisfecha sin problema por parte del sector azucarero, obviamente siempre y cuando las condiciones contractuales y de precios sean satisfactorias para las partes.

Bajo el supuesto de que la intención y la decisión gubernamental final sea mezclar etanol en todas las gasolinas, podrían darse entonces varias alternativas:

- 1) Se disminuya el porcentaje de mezcla del 10% a un valor inferior, lo que disminuiría el volumen requerido.
- 2) Se produzca etanol complementariamente a partir de otras fuentes biomásicas con destiladoras propias,
- 3) Se den los incentivos necesarios para que se establezcan nuevas destiladoras en el país y/o se expandan las actuales.
- 4) Se permita temporal y prudencialmente el empleo de etanol de LAICA, entretanto se incrementa la capacidad productiva nacional.
- 5) La mezcla se comercialice de manera selectiva por región, ciudad, etc.

## 6) CALIDAD DEL ETANOL

Por su empleo público, la calidad del etanol que se emplearía en las mezclas debe ser máxima y semejante a las que se utilizan en otros países. El etanol que LAICA produce y exporta al mercado norteamericano desde hace 21 años, satisface plenamente estos requisitos y normas de calidad, razón por la cual esta variable no representa ningún problema pues ya se tienen suficientemente demostradas la experiencia y la capacidad para ello.

## 7) VARIEDADES DE CAÑA CON POTENCIAL DE CULTIVO

El tema de las variedades resulta ser importante, actual y muy interesante debido a que existe la duda e inquietud casi general respecto a ¿Cuál es la mejor variedad de caña de azúcar para producir bioetanol? Se consulta asimismo con mucha frecuencia sobre si ¿Una caña que es buena para producir azúcar lo es también para producir alcohol y viceversa?

Ciertamente llama mucho la atención aún para las personas vinculadas con la actividad alcoholera, la escasa información disponible y el ligero tratamiento que por lo general se le brinda al tema varietal y genético cuando se aborda la producción de bioetanol a partir de biomasa.

En el caso particular de la caña de azúcar al igual que acontece con otras alternativas agrícolas, el vacío existente en este componente es muy amplio, puesto que la información técnica específica vinculada con el tema de las variedades idóneas para la obtención de etanol prácticamente está por lo general ausente como factor de la producción. En realidad la mayor atención tecnológica se centra comúnmente en la fase industrial y no en la agrícola, lo que es un lamentable error pues es igualmente determinante.

Según Chaves (2001) *“La variedad cultivada representa uno de los factores vinculados con la producción agrícola que mayor impacto puede ejercer sobre un sistema agro productivo, en razón de que a través de ella es factible alcanzar adaptación a condiciones limitantes, mayor fitosanidad, reducción de costos involucrados e incrementos significativos y sostenidos de productividad agroindustrial.”* Agrega al respecto *“...que es precisamente en la variedad donde reside uno de los factores intrínsecos de eficiencia productiva más sobresalientes de un cultivo, debido a que sin necesidad de incurrir en gastos extras muchas veces onerosos, es factible vía siembra de una variedad sobresaliente y potencialmente adaptada, lograr incrementos significativos de productividad y competitividad agroindustrial.”*

Amplia el mismo autor expresando que *“La variedad ha constituido por tradición y predilección, el factor controlable de la producción posiblemente más determinante e importante en la agroindustria azucarera mundial. Esta aseveración se fundamenta en el hecho suficientemente comprobado, de que mediante el empleo de materiales genéticos idóneos, es posible inducir incrementos significativos en los niveles de producción de caña y azúcar por unidad de área.”*(Chaves 1995).

Asegura Rossi (2003) que *“Las variedades de caña siguen como la más importante variable en cualquier sistema de producción que se quiera utilizar.”*

La sustentabilidad y el éxito de cualquier programa de producción de bioetanol en el país, se fundamenta en primera instancia en la capacidad de identificar, disponer y cultivar las variedades de caña idóneas, capaces de responder satisfactoriamente al ataque de plagas y enfermedades, adaptarse a suelos físico químicamente y de topografía diferente y tolerar drásticas variaciones climáticas periódicas y fluctuantes propias de nuestros campos cañeros (Chaves 2006d). Desde la perspectiva de la sustentabilidad de la producción, una de las preguntas que casi de manera obligada surge es ¿Cuenta el país con la cantidad y diversidad suficiente de variedades para atender las necesidades nacionales? Para todas esas inquietudes hay respuestas contundentes.

Costa Rica dispone actualmente de una amplia gama de materiales genéticos de diferente origen y características cultivados comercialmente, muchos de ellos aptos para ser empleados en la producción de etanol. El último Censo Cañero realizado en el año 2003 (Chaves et al 2004), reveló la existencia de 93 variedades sembradas y con potencial productivo para la producción de azúcar. El Cuadro 6 detalla por región productora, las principales variedades cultivadas comercialmente identificadas en dicho Censo, anotando su área y representación nacional y regional.

De acuerdo con la experiencia internacional, se tiene por cierto que cualquier prototipo de caña que sea buena productora de azúcar es también una potencial buena productora de etanol; en tanto que la relación inversa no es totalmente cierta, pues por principio químico la materia prima de partida para la obtención de ambos productos finales (azúcar-alcohol) es en ambos casos diferente.

**CUADRO 6**  
**VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR MAYORITARIAMENTE CULTIVADAS**  
**EN COSTA RICA, UBICADAS SEGÚN REGIÓN PRODUCTORA. AÑO 2003**

REGIÓN	VARIEDAD	ÁREA SEMBRADA (has)	PORCENTAJE DEL ÁREA	
			RELATIVO*	ABSOLUTO**
<b>GUANACASTE</b>	CP 72-2086	5.447,40	21,7	12,41
	NA 56-42	4.934,92	19,7	11,24
	B 80-689	3.428,40	13,7	7,81
	CP 72-1210	2.798,28	11,2	6,38
	SP 70-1284	2.648,01	10,6	6,03
	SP 79-2233	1.371,76	5,5	3,13
	NCo 376	1.251,64	5,0	2,85
	NCo 310	1.100,28	4,4	2,51
<b>SUBTOTAL</b>	<b>8</b>	<b>22.980,69</b>	<b>91,8</b>	<b>52,36</b>
<b>PUNTARENAS</b>	CP 72-1210	2.750,85	41,0	6,27
	SP 70-1284	1.349,88	20,1	3,08
	B 74-132	600,86	9,0	1,37
	B 80-689	430,65	6,4	0,98
	SP 79-2233	356,84	5,3	0,81
	BT 65-152	207,96	3,1	0,47
	RD 75-11	179,14	2,5	0,41
<b>SUBTOTAL</b>	<b>7</b>	<b>5.876,18</b>	<b>87,4</b>	<b>13,39</b>

REGIÓN	VARIEDAD	ÁREA SEMBRADA (has)	PORCENTAJE DEL ÁREA	
			RELATIVO*	ABSOLUTO**
VALLE CENTRAL	RB 73-9735	582,24	26,1	1,33
	Q 96	521,67	23,4	1,19
	SP 71-5574	229,43	10,3	0,52
	SP 70-1143	139,48	6,3	0,32
	MEX 57-473	131,11	5,9	0,30
	RD 75-11	119,92	5,4	0,27
<b>SUBTOTAL</b>	<b>6</b>	<b>1.723,85</b>	<b>77,4</b>	<b>3,93</b>
SAN CARLOS	PINDAR	993,10	23,4	2,26
	Q 96	879,10	20,7	2,00
	SABORIANA	859,10	20,3	1,96
	SP 71-5574	457,00	10,8	1,04
	B 76-259	305,60	7,2	0,70
	SP 79-2233	233,85	5,5	0,53
<b>SUBTOTAL</b>	<b>6</b>	<b>3.727,75</b>	<b>87,9</b>	<b>8,49</b>
TURRIALBA	H 77-4643	785,28	23,4	1,79
	B 77-95	531,64	15,8	1,21
	B 76-259	479,20	14,3	1,09
	H 61-1721	393,81	11,7	0,90
	Q 96	283,34	8,4	0,65
	PINDAR	239,47	7,1	0,55
	H 62-4671	152,43	4,5	0,35
<b>SUBTOTAL</b>	<b>7</b>	<b>2.865,17</b>	<b>85,2</b>	<b>6,53</b>
PÉREZ ZELEDÓN	SP 71-5574	2.169,70	95,7	4,94
	CP 87-1248	71,70	3,2	0,16
	Q 96	20,65	0,9	0,05
	PINDAR	2,55	0,1	0,01
<b>SUBTOTAL</b>	<b>4</b>	<b>2.264,60</b>	<b>99,9</b>	<b>5,16</b>

\* El *Porcentaje Relativo* se refiere al valor (%) del área sembrada de la variedad dentro de la región.

\*\* El *Porcentaje Absoluto* es el área respecto al *Total Nacional* (43.892,60 has) *sin Mezcla ni Otras*.

FUENTE: Chaves et al (2004)

Las razones de esta relación se fundamentan en el hecho de que para fabricar Azúcar comercial (Sacarosa) es necesaria la formación del Disacárido a partir de los Monosacáridos Glucosa y Fructuosa; mientras que en el caso del etanol, el proceso de Fermentación Anaeróbica puede darse a partir tanto de la Sacarosa como también de sus azúcares simples Glucosa y Fructuosa. Por este motivo, una caña apta para producir etanol puede comercialmente poseer una Pureza (% Sacarosa/Sólidos Totales) baja pero ser alta en su contenido de Sólidos Totales (Brix). Más específicamente, resulta muy importante el contenido de Azúcares Fermentables Totales o AFT que favorezcan la Fermentación.

A partir de lo anterior puede concluirse entonces, que las cañas de uso comercial en la producción de azúcar, son potencialmente aptas para ser utilizadas también en la producción de etanol. Dicho potencial se amplía aún más a aquellas cañas de baja Sacarosa (Pureza) pero alto contenido de Azúcares Reductores y alto AFT.

Señala Rossi (2006) al respecto que *“Las variedades para producción de etanol tienen las mismas características de las variedades para la producción de azúcar. Para producción de azúcar uno necesita tener la mejor Pureza posible que es proporcionada por la madurez de la caña con azúcares reductores bajos. Cuando la caña todavía está inmadura el Brix está alto con una alta cantidad de azúcares reductores, pero cuando la caña llega a su madurez la Pol (%) caña crece y el Brix sigue cerca haciendo con que la Pureza sea alta. Para la producción de etanol interesa el Brix (%) Caña, ....”*

Agrega el mismo autor (Rossi 2003), que en Brasil algunos ingenios inician la zafra cuando las variedades de caña no cuentan aún con el grado de madurez más deseable, razón por la cual elaboran alcohol directamente del jugo y cuando la curva de madurez lo permite proceden a fabricar azúcar del jugo y alcohol a partir de la melaza.

## **8) ZONAS AGRÍCOLAS CON POTENCIAL PRODUCTIVO**

Este es en la actualidad posiblemente uno de los temas más consultados y comentados cuando se habla de operar un programa nacional de mezcla de gasolina con etanol. Muchas expectativas se han establecido y existen en torno a ¿Cuáles son las zonas con mayor potencial para producir caña para elaborar bioetanol?

En realidad mucho podría teorizarse y especularse con el fin de dar respuesta a esa inquietud técnica, aunque está claro en principio, como se explicó ampliamente en la sección correspondiente al tema de las variedades, que cualquier zona donde se produzca satisfactoriamente caña destinada a la fabricación de azúcar podría ser apta. Este criterio podría ampliarse e incluir aquellas zonas donde se produce dulce o panela, esto por cuanto ese producto cumple con las necesidades de contener azúcares fermentables altos (AFT). Obviamente en esta aseveración se consideran zonas productivamente eficientes, de alta concentración no necesariamente de Sacarosa pero sí de Azúcares Reductores (Glucosa, Fructuosa), preferiblemente con altas Purezas (%) de Jugos, alto tonelaje de caña (t/ha), ciclo vegetativo corto de no más de 12 meses, con disposición de variedades tolerantes a condiciones sanitarias y edafoclimáticas variables, entre otras.

En términos generales, una región, zona o localidad apta (no necesariamente ideal) para producir etanol debe satisfacer (total o parcialmente) los requisitos que seguidamente se anotan:

1. En principio y como se indicó, la región debe ser naturalmente apta y contar con las condiciones básicas para producir caña en tonelajes competitivos (> 70 TM/ha).
2. Debe contarse preferiblemente con un periodo seco durante la zafra y de lluvias suficientes (> 2.000 mm) durante el periodo de crecimiento y desarrollo vegetativo. Se presume en este caso que el etanol se produciría exclusivamente durante un periodo definido de tiempo.
3. Debe disponer de un área efectiva o potencial adecuada para satisfacer las necesidades agroindustriales y expectativas de producción de materia prima. Lo ideal sería contar con un área unificada y no con unidades dispersas y disgregadas.

4. La producción de materia prima debe estar próxima al punto de procesamiento. No resulta conveniente depender de materia prima transportada de otras regiones a un alto costo y dificultad.
5. La unidad de proceso industrial y destilación debe estar ubicada lo más próxima al punto de uso, sea este exportación o mezcla nacional, por lo que no tendría sentido producir etanol en el sur para transportar por ejemplo a Punta Morales o el Valle Central.
6. Debe disponer del agua de proceso (agroindustrial) necesaria en cuanto a cantidad, momento y calidad. Reacuérdesse que aún para la elaboración de etanol, debe disponerse casi de un ingenio con la salvedad de que podría no cristalizarse y procesarse azúcar.
7. Por razones de costos y necesidad, debe existir un alto y claro potencial mecanizable de los terrenos. Los mismos deben contar con la textura y consistencia que viabilicen esta necesidad.
8. Contar con una condición de clima estable y suelos de alta fertilidad natural que contribuyan con favorecer las altas productividades agroindustriales.
9. Debe contar con Mano de Obra suficiente, calificada y permanente.
10. Debe disponer de áreas acondicionadas y adecuadas para la deposición de vinazas y vertidos.
11. Debe contar con la infraestructura necesaria para proceso, depósito y transporte del producto elaborado.
12. Debe contar con la infraestructura vial y los servicios públicos necesarios.
13. En términos globales y como concepto de integración, el costo de la unidad alcohol producida (litro, galón, m<sup>3</sup>) debe ser competitivo.

Algunas regiones actualmente designadas como posibles zonas de producción poseen serias limitantes que cuestionan su potencial real, como acontece por ejemplo con la zona de Los Chiles respecto a la disponibilidad de agua. Resulta cierto por otra parte, que zonas con presencia de lluvia durante el periodo de zafra, contraria a la maduración, no posean potencial para etanol, pues como se indicó con anterioridad lo importante es contar con AFT; aunque el daño provocado sobre las plantaciones y su vida comercial durante la extracción de la caña, resulta ser limitante y determinante.

## **CONCLUSIONES**

Con base en lo indicado, puede inferirse y concluirse lo siguiente:

1. La producción de bioetanol generada a partir y alrededor de la agroindustria azucarera y sus derivados, ha mantenido una larga tradición en Costa Rica que cuenta con 27 años de producción y 21 de exportación, lo que es una prueba fehaciente y suficiente, de que el Sector Azucarero nacional no asiste ni participa en esta actividad por simple casualidad, situación coyuntural y oportunista.

2. Las oportunidades de negocio que ofrece el etanol en la actualidad, han movilizado y reorientado el destino de la Melaza Nacional hacia ese fin, con sacrificio de la destinada tradicionalmente al Consumo Interno (Pecuario).
3. La prolongada y satisfactoria trayectoria de la Agroindustria Azucarera aporta y asegura experiencia, y demuestra la capacidad institucional para operar una iniciativa nacional en esa dirección.
4. Resulta imperativo y estratégico, estudiar y valorar la posibilidad de implementar y operar con carácter prioritario un Programa de Producción y Uso de Biocombustibles en el país.
5. Para elaborar etanol es viable el empleo de cañas destinadas a la producción de azúcar, no necesariamente ocurre lo mismo a la inversa. Lo importante no es sólo la concentración de Sacarosa o la Pureza de los Jugos, sino el contenido de Azúcares Fermentables Totales (AFT).
6. Las regiones aptas para producir alcohol deben satisfacer una serie de requerimientos importantes y determinantes en grado variable, que posibilitarán y asegurarán el éxito de una iniciativa empresarial en esta materia.
7. Resulta necesario e imperativo que se proponga y apruebe una legislación en materia de Biocombustibles que incentive y permita el fomento, control, regulación y fiscalización de la producción y uso del carburante vegetal.

#### **LITERATURA CITADA**

1. Alfaro, C.; Mora, W. 2006. Evalúan uso del banano de rechazo en producción de ácido láctico y alcohol. San José, Costa Rica, CONICIT. Boletín de Ciencia y Tecnología N° 44 3 p.
2. Arias Camacho, R.; Díaz Naranjo, G. 2006. Uso de Enzimas en la Producción de Alcohol a Partir de Melaza. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 124-130.
3. Blanco Rodríguez, J.M. 2006. Uso Potencial de la Biomasa en Costa Rica: El Caso del Sector Azucarero. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 97-101.
4. Calero, C.X. 2004. Uso del Etanol como Combustible para Vehículos. En: Seminario Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte

- del Sector Azucarero Costarricense. San José, Costa Rica, 2004. Memoria Digital. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. 94 p.
5. Canales, D. 2006. Arranca venta de etanol. Plan piloto se inicia en 66 gasolineras de Puntarenas y Guanacaste. Periódico La República. San José, Costa Rica. 10 de febrero. p: 8.
  6. Chaves Solera, M.A. 1985. Las Vinazas en la Fertilización de la Caña de Azúcar. El Agricultor Costarricense 43 (9-10): 174-177.
  7. Chaves Solera, M.A. 1993. Antecedentes, Situación Actual y Perspectivas de la Agroindustria Azucarera y Alcohólica Costarricense. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. 116 p.
  8. Chaves Solera, M. 1995. Variedades de Caña de Azúcar de Uso Comercial en Costa Rica: una Sinopsis Histórica. En: Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José, DIECA, setiembre. p: 307-323.
  9. Chaves Solera, M. 2001. Variedades de Caña de Azúcar para la Producción de Azúcar Orgánica. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. 27 p.
  10. Chaves Solera, M. 2003. Producción de Alcohol Carburante (Etanol) en Costa Rica: Consideraciones Sobre su Potencial Real de Uso. En: Congreso de ATACORI, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 1-17.
  11. Chaves Solera, M. 2004a. La Caña de Azúcar como Materia Prima para la Producción de Alcohol Carburante. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 12 p.
  12. Chaves Solera, M. 2004b. Etanol: un Biocombustible para el Futuro. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 38 p.
  13. Chaves Solera, M.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Villalobos M., C.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Calderón A., G.; Rodríguez F., J.M. 2004. Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica Año 2003. . San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 126 p.
  14. Chaves Solera, M. 2006a. Resumen y Comentarios al Documento: “*Estudio de la Factibilidad Económica y Ambiental del Etanol como Oxigenante en la Gasolina de Costa Rica (Versión N° 2 del 16/10/05)*” Escrito por L. A. Horta Nogueira. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, enero. 54 p.
  15. Chaves Solera, M. 2006b. Políticas y Marco Legal del Alcohol Carburante en Costa Rica. En: Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados DIVERSIFICACIÓN 2006, 14, La

- Habana, Cuba, 2006. Memorias. La Habana, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de azúcar (ICIDCA). 16 p.
16. Chaves Solera, M. 2006b. Políticas y Marco Legal del Alcohol Carburante en Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 137-148.
  17. Chaves Solera, M. 2006c. Antecedentes de la Producción de Alcohol en Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 149-161.
  18. Chaves Solera, M. 2006d. Importancia de las Variedades de Caña de azúcar Como Factor de Productividad y Competitividad Agroindustrial. Agricultura y Ganadería de Centroamérica (Costa Rica) 1er Aniversario, 2006. 5 p.
  19. FINTRA. 1993. CODESA: Origen y Consecuencias. San José, Costa Rica: Litografía e Imprenta LIL, S.A. p: 101-126.
  20. LAICA. 1998. Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar N° 7818 del 22 de setiembre de 1998. San José, Costa Rica. LAICA. 117 p.
  21. LAICA. 2000. Decreto N° 28665 – MAG Reglamento Ejecutivo de la Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de azúcar N° 7818 de 22 setiembre de 1998. San José, Costa Rica. LAICA. 140 p.
  22. LAICA. 2006. Informes Anuales. San José, Costa Rica. LAICA.
  23. MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE). 2003. IV Plan Nacional de Energía 2002-2016. San José, Costa Rica. Dirección Sectorial de Energía (DSE), febrero. 31 p.
  24. Musmanni Sobrado, S. 2004. Implicaciones Económicas, Sociales y Ambientales del Empleo Nacional de Biocombustibles. En: Seminario Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte del Sector Azucarero Costarricense. San José, Costa Rica, 2004. Memoria Digital. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. 4 p.
  25. Odio Castillo, A. 2004. Producción de Alcohol en el Sector Azucarero Nacional. En: Seminario Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte del Sector Azucarero Costarricense. San José, Costa Rica, 2004. Memoria Digital. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. 32 p.

26. RECOPE. 2005. Plan Piloto: Evaluación de Logística Gasolina Regular con Etanol Anhidro Terminal Barranca. San José, Costa Rica. Refinadora Costarricense Petróleo, 22 de agosto. 25 p.
27. RECOPE INFORMATIVO. 2006. Gasolina con Etanol en el Pacífico Central y Norte. San José, Costa Rica. RECOPE, febrero Año 2, N° 3.
28. Roldán Villalobos, C. Situación Energética Mundial y Oportunidades para el Sector Cañero. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 102-105.
29. Rossi Machado Junior, G. 2003. Los Desafíos de las Nuevas Variedades de Caña de Azúcar. En: Congreso de ATACORI, 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: A-43-A-47.
30. Rossi Machado Junior, G. 2006. Variedades de Caña de Azúcar para la Producción de Etanol y para la Cogeneración Eléctrica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo II. p: 565.
31. Ruiz, A. 1987. La Producción de Alcohol en Costa Rica, Como Alternativa Estratégica. Miami, Florida, setiembre. p: 483-487.
32. SEPSA. 1981. Lineamientos Básicos para un Programa Nacional de Alcohol Carburante. San José, Costa Rica. DOC-SEPSA 58. 83 p.
33. Shadid Chaina, A. 1987. La Experiencia de Costa Rica en Materia de Alcohol Carburante. En: Alcohol Carburante: Posibilidades para el Desarrollo. GEPLACEA. Serie: Mercado y Estadística. p: 143-147.
34. Siles Barquero, H. 2006. El Uso del Etanol como Carburante y la Tecnología Automotriz. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 163-167.
35. Ulate Padgett, W. Perspectivas de Uso del Alcohol Carburante en Costa Rica: Estado de Avance del Plan Piloto. Informe de Costos. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006.

- Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 131-136.
36. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA (UCR). 1981. La Producción de Alcohol Carburante en Costa Rica: Evaluación y Perspectivas. San José, UCR. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE): Serie Divulgación Económica N° 22, marzo. 209 p.
  37. Valdés Delgado, A. 2006. Los Residuales de la Producción del Alcohol: Alternativas al Uso de Vinazas. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 176-195.
  38. Vega Charpentier, O. 2006. ¿Es Necesaria una Ley de Biocombustibles en Costa Rica? En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. Tomo I. p: 202-205.