

# LA CAÑA DE AZÚCAR COMO MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE<sup>1</sup>

## INTRODUCCION

El inminente peligro de enfrentar una crisis energética desencadenada a partir del incremento brusco en los precios internacionales del petróleo, como la ocurrida en la década de los años 70, reviste en la actualidad una gran preocupación e incertidumbre por las consecuencias desastrosas que generaría para los países que como Costa Rica, no disponen de reservas naturales propias de combustibles fósiles (Chaves, 1993, 2003).

No resulta nada difícil predecir que el petróleo siendo un combustible fósil de amplio uso y por tanto potencialmente agotable, podría disminuir significativamente en el mediano o largo plazo sus reservas naturales, debido al notable y significativo incremento del consumo mundial, elevando con ello sus precios a niveles imprevisibles como viene aconteciendo en los actuales momentos (agosto y setiembre del 2004).

Es por otra parte de todos conocido, el efectivo instrumento de dominio y manipulación política que significa el petróleo para las naciones que lo poseen, lo cual representa un peligro real y permanente de crisis que no debe obviarse y mucho menos descuidarse o desatenderse.

Esta situación debe por su importancia, trascendencia y actualidad, despertar el interés y la atención de los países potencialmente afectados, entre ellos Costa Rica, sometiendo a revisión y estudio los recursos disponibles y sus necesidades energéticas, procurando diagnosticar y principalmente evaluar la viabilidad real de aprovechamiento de las Fuentes Alternativas de Energía Renovables en el plano nacional.

El uso de la energía solar surge desde esta perspectiva como una opción inteligente que ofrece una elevada viabilidad técnica y también económica, por el empleo racional de los recursos naturales renovables y las enormes capacidades que el país dispone en esta materia.

La energía solar es utilizada a través del mecanismo de Conversión Fotosintética (Fotobiológica) de las plantas, por medio de la cual el CO<sub>2</sub> de la atmósfera es fijado por el vegetal en diversos compuestos de naturaleza orgánica, formando Carbohidratos. La biomasa producida es luego transformada en productos que poseen la capacidad energética de sustituir los derivados del petróleo, tal como ocurre con el Alcohol (Anhidro) Carburante o Etanol (Barreto, 1980).

Las materias primas vegetales que pueden potencialmente emplearse para producir Alcohol es muy diverso, aunque genéricamente se incluye preferencialmente aquellas ricas

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, Director Ejecutivo, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Tel: (506) 284-6066; Fax: (506) 223-0839. E-mail: [mchavez@laica.co.cr](mailto:mchavez@laica.co.cr). En: Memorias Seminario "Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte del Sector Azucarero Costarricense", 30 de setiembre, 2004, Hotel Best Western Irazú, San José, Costa Rica.

en Hidratos de Carbono, las cuales pueden agruparse en dos categorías desde el punto de vista de la fermentación:

a) Directamente Fermentables

b) Indirectamente Fermentables

De acuerdo con esas categorías, las primeras (Directamente Fermentables) no requieren de transformación previa en Hidratos de Carbono, como acontece con la Sacarosa, la Glucosa y la Fructuosa. En el caso de las fuentes Indirectamente Fermentables si es necesario realizar la conversión previa en Carbohidratos, para someterlas luego a Fermentación con el objeto de que puedan ser asimiladas por la Levadura Alcohólica, tal es el caso de los Almidones y la Celulosa.

Las principales fuentes de Carbohidratos de acuerdo con esos criterios son:

<b>Directamente Fermentables</b>	}	<b>Glucosa:</b> Pulpa de Frutas
		<b>Fructuosa:</b> Pulpa de Frutas
		<b>Sacarosa:</b> Caña de Azúcar, Remolacha Azucarera, Sorgo Sacarino (tallos)

<b>Indirectamente Fermentables</b>	}	<b>Almidón:</b> Yuca, Maíz, Camote, Papa, Granos de Cereales, Tubérculos, Bananos
		<b>Celulosa:</b> Madera, Bagazo y Paja de Caña, Cáscaras de Maní, Tusa de Maíz, Paja de Arroz, Palma.

Aunque todas esas fuentes de Carbohidratos puedan ser Fermentadas, deben considerarse inicialmente aquellas que presentan alta concentración de ese componente en la materia prima, para lo cual debe a su vez presentar alta productividad agrícola (t/ha), rendimientos de Alcohol y rentabilidad (¢/litro).

Tanto el Almidón como la Celulosa deben en primera instancia ser convertidos (Desdoblados) en Azúcares Fermentables, antes de ser sometidos a la Fermentación Alcohólica; la transformación de la Celulosa es en este caso un proceso químico mucho más difícil y onerosa.

La Conversión de las Sustancias Amiláceas se conoce como Sacarificación, la cual se puede realizar por medio de Procesos Ácidos (Sulfúrico y Clorhídrico) o preferentemente Biológicos (Enzimas Amilolíticas). El proceso de Desdoblamiento del Almidón envuelve la Hidrólisis de los Puntos de Unión (enlaces) de las Moléculas de Glucosa.

En las Destilerías la Sacarificación el proceso es desarrollado en el Sacarificador, que es un Tanque dotado de dispositivos que favorecen el calentamiento, enfriamiento y agitación de la materia prima tratada.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA

Los tallos corresponden a la sección anatómica y estructural de la planta de Caña de Azúcar, que presenta mayor valor económico e interés para la fabricación de azúcar y la elaboración de Alcohol, motivo por el cual su composición química reviste especial significado.

En términos generales, la composición química de la caña de azúcar es la resultante de la integración e interacción de varios factores que intervienen en forma directa e indirecta sobre sus contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones del clima, variedades, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, manejo incorporado, periodos de tiempo evaluados, características físico-químicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilización aplicada, entre muchos otros, como se anota en el Cuadro 1 adjunto según Meade y Chen (1977).

**CUADRO 1.**  
**Promedio de la Composición Química (%) de los Tallos y los Jugos de la Caña de Azúcar.**

CONSTITUYENTE QUÍMICO	PORCENTAJE*
<b>EN LOS TALLOS:</b>	
Agua	73 – 76
Sólidos	24 – 27
- Sólidos Solubles (Brix)	10 – 16
- Fibra (Seca)	11 – 16
<b>EN EL JUGO:</b>	
<b>Azúcares</b>	
- Sacarosa	75 – 92
- Glucosa	70 – 88
- Fructuosa	2 - 4
<b>Sales</b>	
- Inorgánicas	3,0 – 3,4
- Orgánicas	1,5 – 4,5
Ácidos Orgánicos	1 - 3
Aminoácidos	1,5 – 5,5
<b>Otros No Azúcares</b>	
- Proteína	0,5 – 0,6
- Almidones	0,001 – 0,050
- Gomas	0,3 – 0,6
- Ceras, Grasas, etc.	0,15 – 0,50
- Compuestos Fenólicos	0,10 – 0,80

\*En los tallos, el porcentaje se refiere a la planta de caña y en el jugo a sólidos solubles  
Fuente: Meade y Chen (1977)

En términos globales la Caña está constituida principalmente por Jugo y Fibra, siendo la Fibra la parte insoluble en agua formada por Celulosa, la que a su vez se compone de azúcares simples como la Glucosa (Dextrosa). A los Sólidos Solubles en agua expresados como porcentaje y representados por la Sacarosa, los Azúcares Reductores y otros componentes, comúnmente se les conoce como Brix. La relación entre el contenido de Sacarosa presente en el jugo y el Brix se denomina Pureza del Jugo. El contenido “Aparente” de Sacarosa, expresado como un % en peso y determinado por polarimetría, se conoce como “Pol”. Los Sólidos Solubles diferentes de la Sacarosa, que contempla los Azúcares Reductores como la Glucosa y la Fructuosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente “No Pol” o “No Sacarosa”, los cuales corresponden porcentualmente a la diferencia entre Brix y Pol.

El Cuadro 1 revela que en la Caña de Azúcar el contenido de agua representa entre el 73 y el 76%. Los Sólidos Solubles Totales (Brix % Caña) fluctúan entre 10 y 16%, y la Fibra (% de Caña) varía entre 11 y 16%. Entre los Azúcares más simples se encuentran la Glucosa y la Fructuosa (Azúcares Reductores), que existen en el jugo de cañas con grado avanzado de madurez en una concentración entre 1 y 5%. La calidad del Azúcar Crudo y de otros productos – como el color y el grano (dureza) del dulce- dependen en buena parte, de la proporción de estos Azúcares Reductores, los cuales cuando aumentan por causa del deterioro o la inmadurez de la planta, pueden producir incrementos en el color y grano defectuoso en el dulce o panela.

Además de los Azúcares contenidos en el jugo, existen también otros constituyentes químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, representados por Sales de Ácidos Orgánicos, Minerales, Polisacáridos, Proteínas y otros No Azúcares. La calidad de los jugos afecta el procesamiento de la Caña y la recuperación de la Sacarosa en la fábrica. El contenido de Almidones en el jugo es bajo (aproximadamente entre 50 y 70 mg/l); se ha encontrado que esta es una característica muy ligada a las variedades, que puede ser modificada (reducida) mediante prácticas agrícolas como el riego y la fertilización con potasio.

De la composición de la Caña, el 99% corresponde a los elementos Hidrógeno, Carbono y Oxígeno. Su distribución en el tallo es de aproximadamente un 74,5% de agua, 25% de Materia Orgánica y 0,5% de Minerales.

Para muchos tecnólogos y especialistas, la Caña como materia prima se constituye fundamentalmente de Fibra y Jugo, donde:

$$\text{CAÑA} = \text{JUGO} + \text{FIBRA}$$

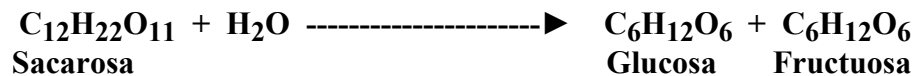
$$\text{CAÑA} = \text{FIBRA} + \text{SÓLIDOS SOLUBLES (BRUX)}$$

La Fibra se define como la fracción de sustancias insolubles en agua que tiene interés no sólo por su cantidad sino también por su naturaleza, y el jugo como una solución diluida e impura de Sacarosa. La calidad y contenido del jugo depende en un alto grado de la materia prima que le dio origen.

Los altos contenidos % de Fibra dificultan la extracción del jugo retenido en las células del tejido parenquimatoso del tallo, lo que implica y obliga a efectuar una excelente preparación de la materia prima para su molienda, procurando alcanzar una mayor desintegración y ruptura de las células que contienen el jugo. Un bajo contenido % de Fibra resulta por su parte negativa, debido a que la cantidad de Bagazo se reduce, afectando el Balance Energético del Ingenio.

Los Sólidos Solubles están representados como se indicó, por los Azúcares y los No Azúcares Orgánicos e Inorgánicos. Los Azúcares se representan a su vez por la Sacarosa, la Glucosa y la Fructuosa, manteniendo la primera el mayor porcentaje, el cual puede alcanzar valores próximos al 18%. Los otros azúcares del jugo aparecen en proporciones variables, dependiendo del estado de maduración de la materia prima.

La Sacarosa se Hidroliza con facilidad en soluciones ácidas según la siguiente reacción:



A esta reacción Hidrolítica se le aplica generalmente el nombre de Inversión y los Monosacáridos: Glucosa y Fructuosa producidos reciben el nombre de Azúcares Reductores. Altos contenidos de estos azúcares en los tallos denuncian un estado de inmadurez, con presencia de otras sustancias indeseables como Almidón. En el caso de Cañas maduras, los Azúcares Reductores contribuyen relativamente poco en la mayor recuperación de azúcar en forma de cristales.

En la producción de Alcohol, el empleo de Cañas que aún no alcanzaron un estado de madurez satisfactorio puede generar problemas, debido a la posible presencia de sustancias indeseables para la Fermentación, pues como se indicó, en la producción de Alcohol lo que interesa es la la cantidad de Azúcares Fermentables Totales (AFT).

La Glucosa es un componente normal de la Caña de Azúcar en cualquier fase de Desarrollo de la planta, encontrándosele en el jugo en mayor o menor cantidad. La Fructuosa o Levulosa se encuentra en mayores concentraciones en Cañas que aún no alcanzan su madurez fisiológica y disminuye conforme este estado avanza y la planta madura.

Los No Azúcares Orgánicos están representados por sustancias como: materias nitrogenadas (proteínas, aminoácidos, amidas, etc.), grasas y ceras, pectinas, ácidos libres y combinados (málico, succínico, oxálico, etc.).

Los No Azúcares Inorgánicos que representan las cenizas, tienen como componentes principales: Sílice, Potasio, Fósforo, Calcio, Sodio, Magnesio, Azufre, Hierro, Aluminio, Cobre, Zinc, etc. En este caso, el Potasio es el mineral que aparece en mayor proporción entre el contenido mineral del jugo, debido a su elevada solubilidad en agua. Cuando se

adicionan por irrigación Vinazas a las plantaciones de Caña, la concentración de Potasio puede aumentar de manera sensible, pudiendo acarrear problemas en la fase industrial de Cristalización en el Ingenio, debido a su alto Poder Melasigénico interfiriendo directamente en la formación de los cristales de sacarosa.

El Calcio, el Magnesio y el Silicio se depositan en las Tuberías de los Vasos Evaporadores provocando incrustaciones. Los demás constituyentes de las Cenizas también se comportan negativamente, excepto el Fósforo Inorgánico que auxilia de manera positiva en la Clarificación del jugo; la concentración de este mineral es limitante para alcanzar una buena Clarificación de los jugos.

### FABRICACION DEL ALCOHOL

El Alcohol se fabrica a partir de la Fermentación de los Carbohidratos (Azúcares o Almidón), cuya materia prima originaria dependerá de los recursos y facilidades particulares que disponga cada país.

El Rendimiento que se obtenga en Alcohol resulta determinante como criterio selectivo, para lo cual se exponen en el Cuadro 2 adjunto, algunos índices reportados a nivel internacional, los cuales sin embargo, han sido ampliamente mejorados en muchos casos en los últimos años.

**CUADRO 2**  
**RENDIMIENTOS DE VARIOS CULTIVOS RICOS EN**  
**CARBOHIDRATOS EN PRODUCCIÓN DE ALCOHOL**

CULTIVO	RENDIMIENTO AGRICOLA (t/ha/año)	RENDIMIENTO EN ALCOHOL	
		l/t	l/ha/año
Caña de Azúcar	40 - 120	70	2.800 - 8.400
Yuca	10 - 40	180	1.800 - 7.200
Camote	10 - 40	125	1.250 - 5.000
Remolacha Azucarera	10 - 40	120	1.200 - 4.800
Sorgo Dulce	20 - 60	55	1.100 - 3.300
Maíz	1 - 4	400	400 - 1.600

Fuente: Bennett (1980) y Menezes (1980a)

Se infiere de la información contenida en ese Cuadro, la alta eficiencia que potencialmente posee la Caña de Azúcar en cuanto a producción de Alcohol, respecto a otras alternativas agrícolas también potenciales y accesibles para el país.

## **PRODUCCIÓN DE ALCOHOL EN BRASIL**

Se dice que actualmente el Alcohol Brasileño es el más competitivo de todo el mundo. Con una producción estimada en 13 mil millones de litros y exportaciones del orden de los 500 millones de litros en el 2002, Brasil es el actor más importante en el mercado mundial del Alcohol.

El crecimiento de la producción brasileña de Alcohol está sustentado en una moderna infraestructura industrial, constituida por 307 fábricas, cuyos ingresos en función de la cosecha 2002/2003 serán de aproximadamente 16 mil millones de reales (algo más de cuatro mil millones de dólares). Las actividades sucro alcoholeras emplean cerca de un millón de trabajadores en el campo y en la industria.

La actividad Alcoholera en Brasil es altamente eficiente, pues mientras una planta Brasileña produce Alcohol a us\$17,60 por barril (sin impuestos), los productores norteamericanos por ejemplo, necesitan us\$44,10 para producir el mismo barril. La diferencia se fundamenta en la ventaja brasileña que reposa sobre el mayor rendimiento de Alcohol obtenido con la Caña de azúcar, en comparación con otras materias primas empleadas por los del norte como es el caso del maíz (aún subsidiado).

Las ventajas comparativas y competitivas de la Caña de azúcar se han venido sistemáticamente desarrollando y consolidando, a través de la investigación y el desarrollo tecnológico de plantaciones más eficientes, el mejoramiento genético logrado en los últimos años, esfuerzo que se traduce en crecientes ganancias de productividad. Con un área total plantada de 6,5 millones de hectáreas, Brasil mantiene un rendimiento de campo de 85 TM de caña/ha. La moderna tecnología garantiza que actualmente se obtengan en la Región Centro/Sur del país, volúmenes de 85 a 90 litros de Etanol por tonelada de caña procesada, lo que genera un costo muy bajo a la unidad Alcohol producida.

## **PRODUCCIÓN DE ALCOHOL EN COSTA RICA**

Es importante puntualizar respecto a las grandes ventajas que ofrecen tanto la Organización Azucarera Nacional en lo Institucional como la Caña de Azúcar como cultivo respecto a otras opciones agrícolas, para ser empleada como materia prima para la producción de Alcohol Carburante, entre las cuales se tienen las siguientes:

- 1) El Sector Azucarero organizado y representado por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), es un Sector Agroindustrial muy bien estructurado en todos los sentidos, lo que facilita y asegura el desarrollo exitoso de cualquier Programa Alcoholero que pudiera implementarse a nivel regional o nacional.
- 2) El Sector cuenta con un Marco Jurídico moderno y apropiado para desempeñarse y operar satisfactoriamente en estas materias, en virtud de la condición de figura de Corporación No Estatal sometida al Derecho Público en el ejercicio de sus facultades y deberes de imperio que presenta LAICA; y al Derecho Privado en el

ejercicio de las actividades de Comercialización y de las demás de carácter empresarial que le asigna la Ley N° 7818 del 22 de setiembre de 1998.

- 3) Están integrados en LAICA todos los productores de Caña del país (grandes, pequeños, independientes o bajo la figura de Ingenios) cuyo destino es la fabricación de azúcar (no el dulce o la panela), lo que habilita y posibilita desarrollar Proyectos de Producción de Alcohol en diferentes localidades y condiciones.
- 4) El grado de Desarrollo Tecnológico alcanzado actualmente por la agroindustria azucarera, permiten obtener alta productividad agrícola y eficiencia industrial que la posicionan como una actividad altamente competitiva.
- 5) La planta de Caña de Azúcar es Fotosintéticamente (grupo C<sub>4</sub>) muy eficiente, manteniendo Tasas de Asimilación y Conversión Energética elevadas, superior a la de otros vegetales.
- 6) La Caña es una planta de adaptabilidad y rusticidad comprobada, que la hacen viable de cultivar aún bajo condiciones productivas limitantes, donde otras plantas son productivamente poco accesibles.
- 7) La Caña genera su propia Energía de Procesamiento Industrial a través del Bagazo que se quema en las Calderas del Ingenio, lo que minimiza costos por concepto de gastos en Energía de Transformación, aporta Valor Agregado al Residuo Celulósico y resuelve satisfactoriamente el problema de salud pública que alternativamente podría generarse.
- 8) Existen actualmente en el país dos modernas Destilerías Anexas a los Ingenios CATSA y TABOGA, con capacidad para elaborar en forma conjunta (200 y 150 mil litros, respectivamente) aproximadamente 350.000 litros de Alcohol por día. Considerando un periodo continuo de procesamiento de aproximadamente 120 días (periodo de zafra), la cantidad de Alcohol potencial es de 42 millones de litros equivalentes a 11,1 millones de galones (Chaves, 2003).
- 9) LAICA posee complementariamente instalada en Punta Morales, provincia de Puntarenas, una Planta de Deshidratación y Rectificación de Alcoholes cuya capacidad potencial de procesamiento actual es de aproximadamente 110 millones de litros de Etanol por zafra, lo que es equivalente a 29,1 millones de galones. Próximamente la capacidad de procesamiento de esta planta será significativamente incrementada (Chaves, 2003).
- 10) El Sector Azucarero posee el conocimiento, la experiencia, el personal técnico y la infraestructura necesaria para producir eficientemente Caña y fabricar Alcohol Anhidro e Hidratado, lo que se constituye en un activo muy importante y en una ventaja competitiva determinante.

- 11) Actualmente se puede producir Alcohol en el país en cantidades importantes a partir de la Caña de Azúcar, sin tener que incorporar ajustes o realizar grandes inversiones que impliquen erogaciones significativas, como ocurriría en el caso de desarrollar otras opciones agrícolas, por ejemplo con la Sacarificación.
- 12) Es factible alternativamente producir el Alcohol a partir del Jugo y/o la Melaza de la Caña, lo que amplía enormemente la Capacidad de Conversión e incorporación de Valor Agregado a los Derivados agroindustriales.
- 13) Existen complementariamente en el país varias alternativas agrícolas interesantes y con capacidad de ser empleadas también como materia prima para la producción de Alcohol, destacando entre ellas los granos (maíz, sorgo) y la yuca entre muchas otras. Perfectamente podría (y debería) establecerse un Plan de Producción Continuo y sostenido durante todo el año, que complemente el periodo de zafra (diciembre-mayo) de la Caña de azúcar, con el ciclo de cultivo de otras plantas sembradas en condición de invierno (mayo-noviembre), lo que resolvería el problema de la estacionalidad productiva.

Como se infiere de toda la información anterior, son muchas las ventajas que la Agroindustria Azucarera como Organización y la Caña de Azúcar como cultivo ofrecen para producir Alcohol en el país. Siendo objetivos y realistas, resulta realmente difícil encontrar iguales condiciones en otras Instituciones y actividades productivas potencialmente alternativas, las cuales resultan en muchos casos limitantes.

Es importante destacar que no existe diferencia ni selectividad en los criterios agroindustriales que tipifican una Caña como idónea para producir Alcohol, respecto a otra destinada a la Fabricación de Azúcar, puesto que toda Caña que posea una alta Concentración de Sacarosa es buena para producir Alcohol. No resulta inclusive limitante que la Pureza (%) del Jugo (Relación Sacarosa/Brix) sea baja, puesto que en la obtención del Alcohol lo que interesa es el contenido (%) de Azúcares Fermentables Totales (AFT) o Azúcares Reductores Totales (ART). Esta condición tan particular y especial de la materia prima, amplía significativamente las Zonas idóneas y con Potencial para sembrar Caña de Azúcar destinada a la Producción de Alcohol.

Los Ingenios nacionales mantienen grados aceptables de ART (%) en la Melaza empleada como materia prima para la producción de Alcohol Carburante. Los promedios nacionales de % de ART obtenidos en las últimas 4 zafras en el país fueron los siguientes: zafra 2000/2001 para 9 Ingenios (57,35%); zafra 01/02 para 5 Ingenios (56,31%); zafra 02/03 para 10 Ingenios (56,23%) y zafra 03/04 para 15 Ingenios, exceptuando La Argentina (55,38%); los cuales mostraron a su vez un equivalente en % de AFT del 59,31%; 58,22%; 58,13% y 57,26%, respectivamente, para las mismas 4 zafras.

Para la zafra 2003/2004 los promedios regionales de ART (%) en las mieles de los 15 Ingenios valorados mostraron un máximo de 57,85% en el Ingenio Quebrada Azul de San Carlos, y un mínimo de 53,89% en el Ingenio el Porvenir (Grecia). Como región San Carlos obtuvo en sus 3 Ingenios un valor % promedio de ART del 56,34% que fue el más alto; seguido por los 3 Ingenios de Guanacaste que alcanzaron un valor promedio durante

esa zafra del 55,84%; Turrialba del 54,75%; el Valle Central del 54,72%; Puntarenas del 53,89% y la Zona Sur del 53,73% como más bajo.

## VINAZAS

Es importante señalar que algunas personas le atribuyen como elemento negativo a la Caña de Azúcar, la limitante de producir Vinazas como residuo del proceso de Fermentación; sustancia que por sus características químicas se constituye en un poluyente con fuerte potencial contaminante si no se adoptan las medidas preventivas y correctivas necesarias (Chaves, 1985).

Hay que reconocer sin embargo, que la Vinaza es el resultado del proceso de Fermentación, por lo que su producción no es exclusiva apenas de la Caña; sino que se origina también a partir de otros productos, como lo indica el Cuadro 3 para tres materias específicas.

**CUADRO 3**  
**CARACTERIZACION QUIMICA DE LA VINAZA PRODUCIDA POR VARIAS**  
**MATERIAS PRIMAS DURANTE LA FERMENTACION ALCOHÓLICA**

<b>COMPONENTE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MELAZA</b>	<b>YUCA</b>	<b>SORGO AZUCARERO</b>
<b>pH</b>	---	<b>4,40</b>	<b>3,50</b>	<b>4,50</b>
<b>DBO – 5 Días</b>	<b>g / l</b>	<b>25,8</b>	<b>31,4</b>	<b>46,0</b>
<b>DQO</b>	<b>g / l</b>	<b>48,0</b>	<b>81,1</b>	<b>79,9</b>
<b>Sólidos Totales</b>	<b>g / l</b>	<b>68,0</b>	<b>44,5</b>	<b>34,1</b>
<b>Sólidos Solubles</b>	<b>g / l</b>	<b>57,1</b>	<b>40,4</b>	---
<b>Sólidos Fijos</b>	<b>g / l</b>	<b>48,4</b>	<b>4,1</b>	---
<b>Sólidos en Suspensión</b>	<b>g / l</b>	<b>38,7</b>	----	----
<b>Materia Orgánica</b>	<b>g / l</b>	<b>19,5</b>	<b>37,1</b>	----
<b>Carbohidratos</b>	<b>g / l</b>	<b>8,0</b>	<b>21,1</b>	<b>3,4</b>
<b>Nitrógeno Total</b>	<b>g / l</b>	<b>0,82</b>	<b>0,65</b>	<b>0,8</b>
<b>Fosfatos Totales</b>	<b>g / l</b>	<b>0,48</b>	<b>0,38</b>	<b>0,1</b>
<b>Cenizas</b>	<b>g / l</b>	<b>10,7</b>	<b>10,5</b>	<b>6,1</b>

Fuente: Menezes (1980a)

La Vinaza es un residuo de la Fermentación y Destilación del Alcohol, cuya composición varía ampliamente con el Proceso de Destilación empleado, la materia prima utilizada, el sistema de preparación del medio, la conducción de la Fermentación y el tipo de Levaduras empleadas en el proceso, etc.

El tema vinculado con el tratamiento, reducción de la carga poluyente y posible uso de la Vinaza reviste gran interés ambiental y económico, y constituye uno de los elementos que posibilita o inhabilita en un alto grado el desarrollo de un Plan para producir Alcohol Anhidro con fines carburantes.

Genéricamente las opciones de manejo técnico de las Vinazas pueden resumirse en las siguientes acciones:

- ◆ Aplicación al suelo como fertilizante
- ◆ Concentración por evaporación
- ◆ Fermentación anaeróbica para la producción de Metano.
- ◆ Bioconversión para la producción de Biomasa
- ◆ Incineración de Vinaza concentrada
- ◆ Otros tratamientos que reducen su carga poluente se basan en principios de índole: químico, microbiológico, incorporación en Medios de Cultivo, proceso Cascuella (dilución y adición de bacterias amoniacales), etc.

### **VENTAJAS DEL ETANOL**

La producción y uso del Alcohol (Etanol) Anhidro con fines carburantes le generan al país importantes ventajas como:

- 1) Sustituir el Metil - Ter- Butil- Éter o MTBE, sustancia Oxidante y aumentadora del Octanaje adicionado actualmente a la Gasolina de uso nacional por el Etanol, con lo cual se promueve una política de limpieza ambiental y salud pública. El Etanol en mezcla con la Gasolina reduce las Emisiones de Monóxido de Carbono (CO), sin incrementar la de Óxidos Nitrosos (NO<sub>x</sub>).
- 2) Se reduce el gasto de producto importado (Petróleo, Gasolina), contribuyendo positivamente con la Balanza Comercial del país.
- 3) Se incorpora Valor Agregado al producto nacional (Caña de Azúcar y Melazas) y aprovecha la capacidad instalada.
- 4) Se generan nuevas fuentes de trabajo y activan zonas nuevas o tradicionales a la producción agrícola.
- 5) Se disminuye en algún grado la dependencia nacional de los Hidrocarburos fósiles.

Es importante que las personas y organizaciones a quienes corresponde dirigir y orientar el Desarrollo Nacional y los destinos del país, estudien y ponderen objetivamente las enormes ventajas, capacidades y necesidades que posee Costa Rica en materia Bioenergética y de producción a partir de Fuentes Renovables como la Caña de Azúcar.

## LITERATURA CITADA

- 1) Barreto De Menezes, T.J. 1980a. Producción de Alcohol de Yuca – El Caso Brasileño. En: Simpósio Colombiano Sobre Alcohol Carburante, 1, Cali, Colombia, 1980. Memorias. Cali, CIAT, mayo 18-22. p: 133-144.
- 2) Barreto De Menezes, T.J. 1980b. Etanol, O Combustível Do Brasil. São Paulo, Brasil: Ed. Agronômica Ceres. 233 p.
- 3) Bennett, M.C. 1980. Algunas Implicaciones Económicas del Alcohol Carburante. En: Simpósio Colombiano Sobre Alcohol Carburante, 1, Cali, Colombia, 1980. Memorias. Cali, CIAT, mayo 18-22. p: 87-92.
- 4) Chaves Solera, M.A. 1985. Las Vinazas en la Fertilización de la Caña de Azúcar. El Agricultor Costarricense 43(9-10): 174-177.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) Meade, G.P.; Chen, J.P. 1977. Sugar Cane Handbook. 10 ed. Willey-Interscience Publication. John Wiley and Sons, New York. 947 p.