

# LA CAÑA DE AZÚCAR COMO PLANTA BIOFÁBRICA, SUS SUB-PRODUCTOS Y COPRODUCTOS

Jesús E. Larrahondo A. Ph.D

## Introducción

A principios del siglo XX la producción mundial de azúcar, de todas las fuentes, alcanzaron niveles de 12 millones de toneladas y un consumo per cápita de 8 kg. La producción se incrementó diez veces con un consumo per cápita de azúcares tres veces más, hacia finales de 1999. Aún con la aparición de nuevos edulcorantes en el mercado, el azúcar es todavía una fuente muy importante de los alimentos que se consumen en todos los países (Almazan, O.; 2001).

El mercado internacional azucarero mostrará en este nuevo siglo diferentes características, en un mundo totalmente competitivo. La demanda de alimentos será el doble de la registrada hace tres décadas y los países menos desarrollados necesitarán incrementar su producción para suplir las necesidades de su población.

La caña de azúcar (género: Saccharum) ha sido reconocida como una planta de alta producción de biomasa y es así como su mejoramiento vegetal plantea varios escenarios, entre los cuales se tiene no solo la producción de azúcar, sino su aprovechamiento como fuente de energía y de productos de interés industrial, farmacéutica o nutracéutica vía un mejoramiento tradicional o mediante transformación genética (transgénesis) (USDA, 2008).

Por otra parte, se han venido desarrollando e innovando tecnologías que permitan crear o generar nuevos mercados a la sacarosa (o azúcar comercial). El empleo de la sacarosa como materia prima para la síntesis de compuestos orgánicos, tales como polímeros, edulcorantes no calóricos, antibióticos, tensoactivos y otros productos especializados o de química fina, son ahora asunto de investigación y desarrollo basados en técnicas químicas y biotecnológicas (Kochergin, Vo. 2002).

\* Químico Orgánico –Asesor Científico -Corporación BIOTEC – EL CIAT  
Cédular: 3103739709. Email: jelarrahondo@gmail.com

## La caña de azúcar como recurso renovable.

La caña de azúcar es uno de los cultivos más eficientes desde el punto de vista fotosintético. Este cultivo es capaz de fijar entre el 2-3% de la radiación solar, con una acumulación promedio de 30% de materia seca, de los cuales 15% corresponde en promedio a fibra (materia insoluble) y 15% a los sólidos totales solubles (brix % caña). El mejoramiento vegetal para la producción de biomasa en caña de azúcar, plantea ahora cuatro escenarios a saber:

- Variedad comercial (10-12% de fibra, 13% de sacarosa).
- Variedad de alta calidad (nivel más alto de sacarosa y más bagazo para la producción de electricidad).
- Variedad de alto nivel de fibra (20%-30%) y sacarosa para la producción de azúcar comercial y etanol.

- Caña energética (nivel de fibra superior al 30%), poca producción de azúcar, pero ideal para la producción de electricidad.

Del procesamiento agroindustrial de la caña de azúcar es posible obtener ocho productos y sub-productos, entre los cuales son de gran interés el bagazo (rico en fibra) y la miel final para su aprovechamiento y obtención de productos de primera generación como el bioetanol y ácidos orgánicos; además de su empleo en la alimentación animal.

Una hectárea de caña de azúcar puede producir 100 toneladas de caña por año, la cual es más del doble de la producción agrícola de otros cultivos. El contenido total de materia seca equivale a cerca de 10 a 20 toneladas de petróleo, por tanto especial atención merece la estrategia de diversificación para el uso eficiente de la caña de azúcar en los procesos de obtención o cogeneración energética.

La transformación genética de la caña de caña para la obtención de variedades genéticamente modificadas (GM) ha sido liderada por varias industrias y organizaciones para la obtención de plantas con resistencia a herbicidas, insectos y enfermedades. Igualmente, se ha investigado, a través del proyecto genoma SUCEST, los genes asociados con el metabolismo de los carbohidratos para la obtención de otros compuestos como biopolímeros (PHA o polihidroxi alcanos), sorbitol, etc. (Energetics, Inc. 2003; CRC, 2010).

#### **La caña de azúcar como planta biofábrica**

La caña de azúcar ha sido seleccionada como una planta biofábrica (Figura 1), debido a que el complejo Saccharum se caracteriza por:

- Los altos niveles de poliploides.
- Tener un número no balanceado de cromosomas (aneuploidia)
- Vigoroso crecimiento: alta producción de biomasa
- Eficiente fijación de CO<sub>2</sub> (planta C<sub>4</sub>).
- Gran almacén de carbono: sacarosa, celulosa y hemicelulosa.

Según estudios realizados en Australia (CRC, 2010), la caña de azúcar es una fuente de compuestos aromáticos, de interés industrial, tales como el ácido p-hidroxibenzoico (PHBA), cuya sobre-expresión fue demostrado en hojas y tallos de caña genéticamente modificadas. Otras investigaciones a escala de invernaderos, con variedades GM de caña de azúcar mostraron una producción de 120 mg de sorbitol por gramo de hojas secas, donde el 61% de los azúcares solubles venían representados por este metabolito de importancia comercial.

#### **Desarrollo químico y biotecnológico de los subproductos de la caña de azúcar.**

La mayoría de las empresas basadas en producción a partir de insumos del área petro-química, vienen observando y poniendo atención en los productos que pueden derivarse de la biomasa y sub-productos del proceso agroindustrial azucarero (Almazan, O, 2001).

Las principales fuentes para productos químicos y biotecnológicos en la industria azucarera, pueden resumirse así:

- Caña de azúcar
- Bagacillo y bagazo
- Residuos lignocelulósicos del cultivo de la caña de azúcar
- Cachaza
- Miel de diferentes purgas
- Desechos de las plantas de bioetanol (vinaza, aceite fusel)

La biotecnología de segunda y tercera generación ha hecho posible la producción convencional de: amino-ácidos, vitaminas, ácidos orgánicos, solventes, polímeros de origen microbiano, proteínas (proteína unicelular) para el consumo humano y alimentación animal, bioetanol de primera y segunda generación (a partir de residuos lignocelulósicos), etc. Además, tecnologías más sofisticadas están disponibles para su aplicación en la industria farmacéutica.

### **La sucroquímica como una alternativa al empleo del azúcar**

Debido a su alta producción, como producto comercial, la sacarosa es uno de los sustratos más interesantes para el desarrollo de nuevos compuestos de interés industrial y/o alimentario. La presencia de ocho grupos hidroxilos en la molécula de sacarosa, le otorga amplias posibilidades de formación de otros compuestos. Es así como, mediante reacciones controladas es factible obtener un importante número de compuestos de interés industrial. Sin embargo, solo la hidrogenación catalítica ha hecho posible producir importantes productos comerciales, tales como: sorbitol y manitol. Mediante síntesis química y basada en las propiedades físico – químicas de la sacarosa ha sido posible obtener:

- Sucro éteres: útil en la producción de poliuretanos.
- Sucro-ésteres: útil como tensoactivo y en otras situaciones como biocidas.
- Poliésteres de ácidos grasos (Productos FOS): Ha recibido mucha atención por su empleo en dietas hipocalóricas, que previenen los incrementos del colesterol.
- Edulcorantes sintéticos. Obtenidos vía sustitución de grupos hidroxilos por átomos de cloro (Por ejemplo, la producción de la sucralosa).

La industria de los fármacos ha encontrado varias aplicaciones útiles para el azúcar basándose en sus propiedades químicas. El azúcar combinado con otros ingredientes sirve para la elaboración de varios medicamentos en formas dosificadas y de buen sabor (**Cooper, J. M.; 2002**). Las empresas azucareras han desarrollado productos específicos basados en técnicas de co-cristalización y formación de esferas de azúcar directamente comprimibles (DC) que responden a las necesidades del formulador farmacéutico.

Otras estrategias de diversificación, incluyen el empleo del bagazo y/o residuos lignocelulósicos en la producción de bioetanol de segunda generación. Las células y hemicelulasas producidas por microorganismos hidrolizan hemicelulasas y celulosas en azúcares sencillos, aunque se ha

encontrado que algunos biopolímeros pueden también producirse en algunas etapas del proceso (Rossell, C. e. V., et al, 2002).

### **Proyecciones para productos químicos y materiales basados en la biomasa de origen agrícola**

Las proyecciones del mercado y los valores previstos en la producción química de productos basados u originados de la biomasa se pueden observar en los cuadros 1 y 2 (Bachmann, 2003). Se prevé un incremento significativo (del 25% hasta el 50%), desde el 2011 hasta el 2025, en los sectores encargados de la producción de productos especializados y de química fina. En general, se estiman aumentos en el rango de 483 y 614 billones de dólares en ventas de productos derivados de la biomasa en el año 2025.

En el año 2004 el USDOE (Departamento de energía de USA) identificó doce clases de productos que podrían obtenerse de los azúcares, por medio de métodos químicos y biológicos. Algunos productos químicos con valor agregado, obtenidos de la biomasa y su estado tecnológico de desarrollo se pueden observar en el cuadro 3. El glicerol es un subproducto de la industria del biodiesel, con una producción de 1 millón de toneladas por año (dato del 2004) y derivados potenciales tales como el ácido glicérico, 1,3 – propanodiol y propilenglicol para la producción de poliésteres (mercado de 2-3 billones de libras por año a un precio de US \$1.0 – US\$ 3.5 por libra). Sin embargo, existen barreras técnicas como la oxidación selectiva y la tecnología de hidrogenolisis asociadas a un mejor aprovechamiento de la biomasa.

Otros productos como el BDO (1,4 – butanodiol) se incrementaron desde 850 millones de libras en el 2003 hasta 900 millones de libras en el 2004. El sorbitol como copolímero, es útil en la producción del polietileno isorbida tereftalato y su producción a partir de glucosa, está bien desarrollada mediante catálisis con ruthenium. Por otra parte, el xilitol tiene un mercado similar al sorbitol y muestra una gran oportunidad para ser utilizado como copolímero en la producción de poliésteres insaturados.

Algunos ácidos orgánicos (como el aspártico), podrían mostrar incrementos en su demanda y producción entre el 2-3% por año. El ácido itacónico, que podría competir con el metil metacrilato en la producción de polímeros, puede representar un mercado mayor a US\$1 billón por año. El ácido itacónico puede producirse a partir de glucosa y sacarosa, pero el desarrollo tecnológico vía un proceso fermentativo, se encuentra en una fase preliminar de investigación y desarrollo (USDA 2008).

Como se mencionó anteriormente, el mercado y demanda de los anti-oxidantes es creciente. El mercado del ácido gálico (insumo importante para la producción de anti-oxidantes), es de 170.000 kg por año y puede producirse vía fermentativa a partir de la biomasa (rica en carbohidratos) utilizando una E. Coli recombinante (USDA 2008).

Bajo la base de los conceptos de una biorefinería (Figura 2), la integración y evolución de los mercados de productos derivados de la biomasa es múltiple. La producción de biocombustibles

tales como bioetanol o biodiesel, reducirá los costos y generará nuevos residuos o insumos que reemplazarán la plataforma petroquímica.

## CONCLUSIONES GENERALES

- Se prevé un incremento significativo del 25% hasta el 50% en los sectores encargados de la producción de productos especializados y de química fina.
- Se estiman aumentos en el rango de 483-614 billones de dólares en ventas de productos derivados de la biomasa en el año 2025.
- El mercado y demanda de los antio-oxidantes es creciente. El mercado del ácido gálico es de 170.000 kg/año y puede producirse a partir de la biomasa.
- Los cultivos comerciales como caña de azúcar, ofrecen grandes perspectivas en la producción de metabolitos de interés industrial y/o farmacéutico.
- El empleo de cultivos como la caña de azúcar, como biofábricas, ofrece buenas oportunidades económicas, como lo mencionan y reportan países como Australia en su plan de desarrollo.
- La producción de PHB (biopolímeros y de sorbitol en variedades transgénicas de caña de azúcar, ofrece grandes oportunidades de un desarrollo agroindustrial y económico para el sector azucarero latinoamericano, como lo demuestran los adelantos de Australia.
- La selección de variedades de caña de azúcar como productores de ceras y agentes antioxidantes para su empleo en el sector farmacéutico, es un tema que amerita especial atención técnico –económico en el corto plazo.

## REFERENCIAS

1. **Almazan, O. Gonzalez, L y Galvez, L. (2001).** The sugarcane, its by – products and co-products. Sugar cane international, July. P. 3-8.
2. **Bachmann, R., 2003.** Industrial biotech – new value creation opportunities. Conference proceedings, Biothird wave: Analyst briefing on industrial biotechnology, New York.
3. **Cooper, J. M. (2002).** Pharmaceutical applications of sucrose. Int. Sugar JNL, Vol. 104, No. 1243; p 301-305.
4. **CRC(2010).** New Product Development from Sugarcane( Bioproducts). Annual Report. p 22-27.
5. **Energetics, Inc. 2003.** Industrial bioproducts: Today and tomorrow. U. S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program, Washington, D. C.
6. **Kochergin, V (2002).** Processing opportunities for the future. Int. Sugar JNL, vol. 104, No. 1243; p 290-300.
7. **Rossell, C.E.V. Nonato, R. V. (2002).** Production of biodegradable plastic (PHB), vol. 104, No. 1243, p 321-323.
8. **USDA, 2008.** U.S. Biobased products: Market potential and projections through 2005, pp 293.

Figura 1. La caña de azúcar como planta biofábrica

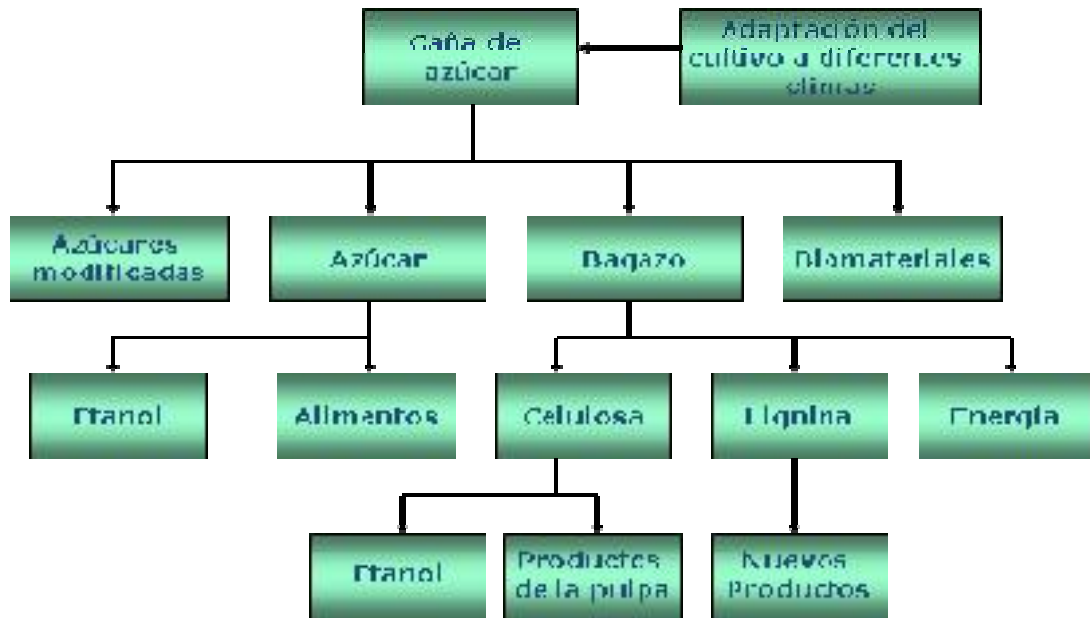
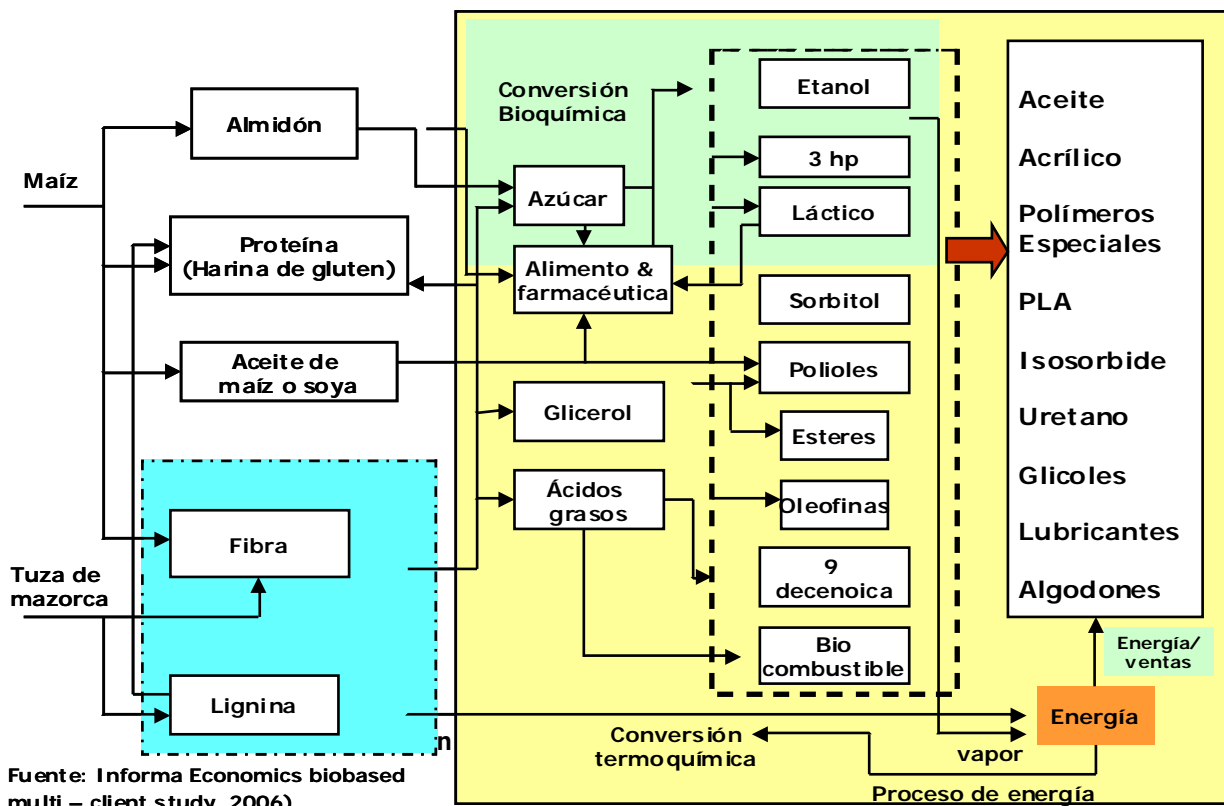


Figura 2. Biorefinería conceptual, materias primas agrícolas, operaciones de molienda, bioquímicos y / o conversiones termoquímicas, productos intermedios y productos finales



Fuente: Informa Economics biobased multi-client study, 2006).

Sector Químico	2010	2025
Comodities	1-2%	6-10%
p. especializados	20-25%	45-50%
p. química fina	20-25%	45-50%
polímeros	5-10%	10-20%

Fuente: Bachmann, 2003, Biobased multi-client study, 2006

Cuadro 2. Valores proyectados en la producción química  
(en US\$ billones)

Sector Químico	2010		2025	
	Total	Prod. de la biomasa	Total	Prod. de la biomasa
Comodities	550	5-11	857	50-86
p. especializados	435	87-110	679	300-340
p. química fina	125	25-32	195	88-98
Polímeros	290	15-30	452	45-90
<b>Total</b>	<b>1400</b>	<b>132-183</b>	<b>2183</b>	<b>483-614</b>

Fuente: Bachmann, 2005, Biobased multi-client study, Marzo 2006

**Cuadro 3. Algunos productos de valor agregado derivados**

**de la biomasa**

<b>Producto Químico</b>	<b>Base del estado tecnológico</b>
§ 1,4 diácidos	Comercial en desarrollo
§ 3-hidrocipropiónico	En desarrollo
§ Acido levulínico	Comercial en desarrollo
§ Acido glutámico	Comercial. Investigación disponible
§ Sorbitol	Comercial. Investigación disponible
§ Xilitol	Comercial. Investigación disponible
§ Glicerol	Comercial. Continúan investigaciones
§ Acido aspártico	Investigación detallada
§ Acido glucárico	Investigaciones preliminares
§ Acido itacónico (Acido metilsuccínico)	Comercial. Investigaciones preliminares

**Fuente: Bachmann, 2005. Biobased multi-client study, Marzo 2006**