



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA



# **ESTRATEGÍA ECONÓMICA PARA EL RESURGIMIENTO DEL SECTOR CAÑERO**

**QUE PARA OBTENER TITULO DE INGENIERO QUÍMICO  
PRESENTAN:**

**GARCÍA GONZÁLEZ DAVID  
SÁNCHEZ CADENA MAYRA**

**ASESOR: M en I CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBITER**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*  
JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/058/07

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: SÁNCHEZ CADENA MAYRA  
P R E S E N T E

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>I. Q. Raúl Ramón Mora Hernández</b>
<b>VOCAL</b>	<b>M. en I. Cresenciano Echavarieta Albiter</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>I. Q. Arturo Enrique Méndez Gutiérrez</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>M. en I. María Estela de la Torre Gómez Tagle</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. Ernesto Moreno Villalba</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
México D. F., a 13 de Diciembre de 2007  
**JEFE DE LA CARRERA**

**I. Q. RAÚL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ**





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*  
JEFATURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/059/07

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: GARCÍA GONZÁLEZ DAVID  
P R E S E N T E

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>I. Q. Raúl Ramón Mora Hernández</b>
<b>VOCAL</b>	<b>M. en I. Cresenciano Echavarieta Albiter</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>I. Q. Arturo Enrique Méndez Gutiérrez</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>M. en I. María Estela de la Torre Gómez Tagle</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. Ernesto Moreno Villalba</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
México D. F., a 13 de Diciembre de 2007

**JEFE DE LA CARRERA**

**I. Q. RAUL RAMÓN MORA HERNÁNDEZ**



# AGRADECIMIENTOS

A DIOS  
POR DARME LA OPORTUNIDAD DE EXISTIR Y PENSAR

A MIS PADRES Y HERMANOS  
POR SU PACIENCIA Y APOYO EN LOS MOMENTOS DIFÍCILES

A LOS SINODALES  
POR SUS IDEAS PARA ENRIQUESER ESTE PROYECTO

A MI ASESOR  
POR ESCUCHAR Y GUIAR NUESTROS ESFUERZOS

"Deja que mis parpados guarden la luz que refleja la luna,  
para que mis sueños se extiendan también a lo largo del día."

*Saúl Hernández E.*



ÍNDICE.....	I
RESUMEN.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	V
Justificación del tema .....	VII
CAPÍTULO I	
ASPECTOS HISTÓRICOS	1
1.1.-La importación de grandes cantidades de azúcar.....	2
1.2.-Desorden de la comercialización de la caña de azúcar.....	3
1.3.-Cambio en el sistema de pago de la caña de azúcar tendiente hacia el pago por calidad.....	4
1.4.-La firma del tratado de libre comercio de América del Norte.....	4
1.5.-La sustitución de importantes cantidades de azúcar y jarabes de maíz alta fructuosa (1996 y 2001).....	5
1.6.-El aumento de los problemas de liquidez y la falta de recursos financieros 2001.....	9
1.6.1.-Productividad de los ingenios azucareros mexicanos.....	11
1.7.-Aranceles compensatorios y fallos de la OMC.....	13
1.8.-Controversias por la ley de desarrollo sustentable de la caña de Azúcar.....	14
1.8.1.-El conflicto de la política azucarera.....	14
CAPÍTULO 2	
USOS ALTERNATIVOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR	16
2.1.-Usos alternativos de la caña de azúcar.....	17
2.2.-Bagazo de Caña de Azúcar.....	20
2.2.1.-Tableros aglomerados.....	22
2.2.2.-Papel.....	23



2.3.- Productos para la obtención de energía.....	25
2.3.1.-Generación de electricidad a partir de bagazo de caña.....	25
2.3.2.-Metano.....	26
2.4.-Productos a partir de fermentación.....	27
2.4.1.-Alcohol etílico.....	27
2.4.2.-Ron.....	28
2.4.3.- Ácido cítrico.....	29
2.4.4.- Ácido acético.....	29
2.4.5.- Glutamato monosódico.....	30
2.4.6.- Butanol cetona.....	30
2.4.7.- Furfural.....	31

## CAPÍTULO 3

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	32
3.1.- Mercado mundial de la caña de azúcar.....	33
3.1.1.- Mercado internacional de azúcar.....	34
3.2 .-Mercado nacional de la caña de azúcar.....	36
3.3.- Análisis estadístico de los subproductos de la caña de azúcar	43
3.4.-Planteamiento de escenarios.....	43
3.4.1.- Escenario 1. Programa nacional de la industria azucarera	44
3.4.2.-Integración de etanol como biocombustible.....	48
3.4.3.-Escenario diversificación de la producción.....	56
	59



---

3.5.-Evaluación de escenarios.....	
3.5.1.-Integración de los escenarios.....	59
CAPÍTULO 4	
ANÁLISIS TÉCNICO	63
4.1.-Tecnologías para la obtención de etanol.....	64
4.1.2.- Flexibilidad para producción de caña de azúcar.....	67
4.1.3.-Proceso tradicional para la producción de etanol apartir de melazas.....	68
4.1.4.- Proceso seleccionado.....	69
4.2.-Ácido cítrico.....	75
4.2.1.-Proceso de obtención del ácido cítrico.....	75
4.2.1.1.-Obtención de acido cítrico apartir de limones.....	76
4.2.1.2.-Obtención de acido cítrico apartir de Aspergillur Níger....	77
CAPÍTULO 5	
ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO	85
5.1.- Análisis Financiero.....	86
5.2.- Desarrollo del proyecto.....	87
5.3.- Calculo del estado de resultados del proyecto.....	88
5.4.- Resultados.....	88
CAPÍTULO 6	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
ANEXO A Propiedades bioquímicas de los edulcorantes.....	95
ANEXO B Variedades de la caña de azúcar.....	108
GLOSARIO.....	109
	114





# ÍNDICE



BIBLIOGRAFÍA.....



## RESUMEN

La presente tesis es el resultado del esfuerzo por mostrar una alternativa de solución a la actual crisis económica, social, tecnológica que sufre la agroindustria de la caña de azúcar como un nuevo planteamiento enfocado a la diversificación de la producción centrada en un balance general de azúcar completándose con la producción de etanol y ácidos orgánicos (principalmente ácido cítrico).

La actual crisis financiera y tecnológica de algunos ingenios azucareros es debido a que en los procesos producción de las bebidas carbonatadas (refrescos) el azúcar ha sido sustituida por el jarabe de alta fructuosa, un producto sintético con mejores propiedades físico químicas y edulcorantes.

Esta situación y las barreras arancelarias a la exportación de los excedentes de azúcar han ocasionado una incertidumbre económica en toda la cadena productiva de la agroindustria de la caña de azúcar. Como objetivo principal de la presente tesis es generar una estrategia para la producción de productos alimenticios y/o químicos buscando la sustentabilidad regional de la agroindustria de la caña de azúcar mediante los procesos fermentativos que pueden efectuarse a base de jugo de caña.

En el capítulo 1 se muestran los hechos históricos que justifican la necesidad de un cambio hacia la diversidad de la producción de la agroindustria de la caña de azúcar

En el capítulo 2 se ofrece un panorama de los productos que dadas las condiciones de tecnología y economía de nuestro país son sujetos de estudio por múltiples instituciones interesadas en el desarrollo sustentable de la agroindustria de la caña de azúcar.

En el capítulo 3 se muestra la justificación económica para la selección de los productos que más se orientan hacia el desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar como un motor de desarrollo regional sustentable

En el capítulo 4 se estudian las tecnologías de producción de etanol a partir de las mieles residuales de la producción de azúcar y la producción de ácido cítrico a partir del jugo de caña de azúcar

En el capítulo 5 se muestra que con una inversión de 8,200,000 dólares para una planta productora de ácido cítrico de 5000 toneladas anuales se obtiene una TIR del 33.1 y un VPN a 10 años de USD \$ 9,529,401 y una TIR de 33.1%

Finalmente se puede concluir que el modelo presente en donde los poseedores de la tecnología (ingenios) controlan a los productores de caña de azúcar, debe cambiar a un modelo que integre la participación activa entre los productores de caña de azúcar y los inversionistas en sociedades de trabajo. Con lo anterior se eliminaría una de las barreras que se han tenido anteriormente para la producción de etanol en nuestro país; es decir, el costo por tonelada de caña de azúcar en México es 2 veces mayor que en países como Estados Unidos y Brasil y con la participación directa de los productores de caña de azúcar en la conformación y la operación de las plantas productoras de etanol y de ácido cítrico.



## INTRODUCCIÓN

El azúcar es un endulzante que ha acompañado a nuestra sociedad por siglos, pero la caída de los precios del azúcar debido en gran parte por la sustitución de la sacarosa tradicional de los grandes procesos industriales, la está sustituyendo por otra clase de endulzantes con propiedades fisicoquímicas más flexibles, y esta inestabilidad actual en la producción y comercialización de azúcar en nuestro país a dado como consecuencia, el rezago tecnológico de la mayoría de los ingenios azucareros, y como resultado a un degradamiento paulatino de la industria azucarera en general.

Dada la ubicación geográfica y sus grandes extensiones agrícolas de nuestro país las cuales son accesibles a la explotación de la caña de azúcar. (Actualmente se cultivan 664 mil hectáreas que abastecen a 57 ingenios.)<sup>1</sup> Este sector se presenta con posibilidades ilimitadas para incentivar el proyecto de obtener algunos productos, teniendo como principal materia prima los subproductos resultantes del proceso de producción del azúcar de caña.

La caña de azúcar, con casi cinco siglos de cultivo en nuestro continente, ha venido sistemáticamente demostrando innumerables alternativas de desarrollo, casi truncas todas ellas debido a la falta de seguimiento y apoyo a la investigación; cargando con una industria con elevados costos y gran contaminación.<sup>2</sup>

Los objetivos de las políticas económicas han ido cambiando a lo largo de la historia en dependencia del desarrollo social de cada momento, el cual, a su vez, ha contribuido a la generalización del sistema de leyes y reformas. En este contexto es donde surge como expresión actual de la síntesis de los enfoques teóricos, el concepto de Desarrollo Sostenible, que considera como centro de cualquier análisis el bienestar del hombre y la preservación futura de la sociedad humana.

Por otra parte, la constante reducción del tiempo requerido para la creación y aplicación de nuevas tecnologías; los cuantiosos recursos de capital que este proceso demanda y el deterioro sistemático de las relaciones de intercambio entre el Tercer Mundo y los Países Desarrollados, profundiza cada vez más el abismo que separa a estos dos grupos de países. Ante este panorama y dada la característica de los países subdesarrollados de ser exportadores de productos primarios provenientes fundamentalmente de la agricultura, se impone establecer estrategias de desarrollo que tiendan a elevar la eficiencia, en el empleo de la tierra.

---

<sup>1</sup> Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación. (PRONAC) 2007-2012 Situación actual pg. 6

<sup>2</sup> Aportes, revista de la facultad de economía BUAP. Año VII Num.19 La expropiación resuelve la crisis azucarera, nuevos y viejos conflictos, pg 115



## OBJETIVO GENERAL

En este trabajo se propone la estrategia de la producción de productos alimenticios y/o químicos buscando la sustentabilidad regional de la Agroindustria de la caña de azúcar mediante los procesos fermentativos que pueden efectuarse a base de jugo de caña.

## OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Realizar una evaluación de mercado de la caña de azúcar y analizar mediante los PIB's, datos de mercado y/o información disponible de los subproductos de la caña de azúcar, la contribución de estos subproductos a la economía de este sector industrial.
  
- ❖ Revisar técnicamente el proceso de obtención de los subproductos que resulten más atractivos a la economía y/o aquellos con mayor oportunidad de mercado.
  
- ❖ Realizar una evaluación económico-financiera del proceso de obtención del producto derivado de la caña de azúcar con mayor expectativa de crecimiento económico en el país.



## JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Aquí se hablara de las características y los diferentes cambios estructurales que ocurrieron dentro de la Industria Azucarera Mexicana antes y después del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, punto crucial que ha marcado la crisis azucarera actual; con base en esto se justifica la funcionalidad del presente trabajo.

La complicación se centra en 3 periodos: el período de 1988 a 1993, previo a la puesta en marcha del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN); periodo de 1994 al 2001, en la etapa de vigencia del Tratado y por último el período desde la expropiación de 27 ingenios en 2001 hasta la aprobación de la ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar en Septiembre del 2005.

Durante estos períodos, la industria de la manufactura del azúcar ha experimentado la privatización de los ingenios azucareros, la importación de grandes cantidades de azúcar, el desorden en la comercialización interna del edulcorante, la liberalización del precio del azúcar, un cambio en el sistema de pago de la caña de azúcar tendiente hacia el pago por calidad, y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), con el cual los Jarabes de Maíz de Alta Fructosa (JMAF) aumentan su participación en el mercado de edulcorantes mexicano.

El mercado azucarero, ha enfrentado serios problemas desde la privatización de los ingenios entre 1987 y 1991, hasta los actuales desequilibrios en el mercado. Las medidas comerciales impuestas por el gobierno mexicano, fueron diseñadas para proteger el mercado azucarero nacional y hasta la fecha siguen aplicándose para regular el comportamiento del consumo de azúcar al interior el país.

México nunca ha competido con los precios del mercado internacional, debido a que en otros países esta industria es más eficiente, y por lo tanto su producto es más barato. Además, porque desde hace 10 años existe una sobreoferta de azúcar a nivel mundial.<sup>3</sup> En ese contexto, la industria azucarera mexicana enfrenta actualmente una de sus crisis más severas resultado, entre otros factores de:

- La sobreoferta: que tiende a crecer en función de la competencia de fructosa importada o elaborada domésticamente, a partir de maíz subsidiado importado de Estados Unidos; y
- La tendencia decreciente de los precios internacionales como consecuencia de la caída en la demanda mundial de azúcar.

En general el TLC motivó el aumento de la producción azucarera de los ingenios mexicanos, bajo la expectativa de venta de azúcar al mercado norteamericano. De acuerdo con los tiempos del tratado en el año 2000, si México alcanzaba la condición de exportador neto podría colocar hasta 150,000 toneladas de azúcar según el texto original o bien 250,000 toneladas según el texto de las cartas paralelas. Pero además; el texto original del Tratado, señala que si México era

---

<sup>3</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Año 2004, pg 34



productor neto por dos años consecutivos, no se eliminaría el arancel de importación y entraría libre todo el azúcar excedente.<sup>4</sup>

Con expectativa de exportar azúcar al mercado de los Estados Unidos, en el año 2000 el 90% de los ingenios aumentó su producción azucarera, este aumento de producción de azúcar se dio principalmente con base en el incremento de la superficie cosecha de caña.<sup>5</sup>

A nivel nacional, la superficie cosechada aumentó de 523,000 a 584,000 hectáreas de caña de azúcar, entre los periodos analizados (1988-93 a 1994-01), lo cual significó un incremento del 11.7 %. En el periodo de 1988 a 2001, la superficie cosechada de caña se incrementó a un ritmo anual de 0.54%, en tanto que la producción azucarera lo hizo una tasa anual de 1.97% esto significa que la producción de azúcar aumentó por efectos del incremento de la superficie cosechada de caña, pero también por efecto de un incremento en la productividad, debido al aumento del rendimiento en campo y el rendimiento en fábrica. Adicionalmente, en el campo cañero se cosecha más caña y de mejor calidad; esto es, caña con mayor contenido de sacarosa (9% más), con menos fibra (4.5% menos) y de mayor pureza en el jugo mezclado (1.63% más).<sup>6</sup>

Para el año 2000 cuando se esperaba colocar mayores cantidades de azúcar en mercado de los Estados Unidos, este país autorizó una cuota de 116,000 toneladas de azúcar por abajo de lo que se esperaba en los términos del texto original del Tratado y lo establecido en las cartas paralelas. En conjunto, la industria azucarera en estas condiciones, llegó a un punto crítico especialmente en el ámbito económico, que orilló al gobierno federal a intervenir con la expropiación de 27 ingenios.

<sup>4</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN, La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Año 2004, pg 35

<sup>5</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Año 2004, pg 20

<sup>6</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Año 2004, pg 20



---

# **CAPÍTULO 1**

# **ASPECTOS HISTÓRICOS**



### 1.1 LA IMPORTACIÓN DE GRANDES CANTIDADES DE AZÚCAR (ENTRE 1989 Y 1992)

Desde finales de la década de los 80's y hasta mediados de los 90's, la posición neta del balance azucarero mexicano resultó deficitaria, por el estancamiento de la producción nacional azucarera y el crecimiento sostenido del consumo. En 1993, antes del arranque del TLCAN, la producción se incrementó casi 24% y en el año siguiente volvió a caer en medio millón de toneladas, pero a partir de la zafra 1995 la producción azucarera creció de manera constante hasta alcanzar la zafra récord de 1998. El balance azucarero desde el año 1988 y hasta 1993 se muestra en la tabla 1.1

Tabla 1.1. Balance azucarero mexicano 1988 a 1993  
(Toneladas métricas valor crudo)

Concepto	1988	1989	1990	1991	1992	1993
<b>Existencias iniciales</b>	942,980	90,535	29,700	1,172,600	1,157,100	921,300
<b>Producción</b>	3,591,652	3,471,763	3,207,300	3,571,400	3,574,500	4,004,800
<b>Importaciones</b>	-	697,317	1,811,600	804,700	118,700	0
<b>Disponibilidad</b>	4,534,632	4,259,615	5,048,600	5,665,300	4,974,800	5,010,100
<b>Consumo</b>	3,510,772	3,733,752	3,871,400	4,056,000	3,922,100	4,023,800
<b>Exportaciones</b>	933,325	496,163	4,600	335,600	6,900	0
<b>Existencias finales</b>	90,535	29,700	1,172,600	1,157,100	921,300	902,300
<b>Consumo per cápita (Kg.)</b>	43.82	45.73	46.86	48.43	47.05	46.82

Fuente: AZÚCAR S.A. de C.V. Estadísticas Azucareras, 1990 y 1989. Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica, Informe Anual de Actividades 1994. CNIAA México.





## **1.2 DESORDEN EN LA COMERCIALIZACIÓN INTERNA DEL AZÚCAR (DURANTE LA PRIVATIZACIÓN DE LOS INGENIOS (1987)) Y LA LIBERALIZACIÓN DEL PRECIO (1995)**

La comercialización del azúcar hasta antes de la venta de los ingenios (1995) desde 1987 fue monopolizada por la Paraestatal AZÚCAR, S.A. Durante ese periodo los ingenios entregaban toda su producción a AZÚCAR S.A., incluyendo a los ingenios que no habían sido administrados por el gobierno federal (14 de 65). Las importaciones y exportaciones también estaban controladas por la Paraestatal. El azúcar se vendía a un precio oficial según tres tipos de azúcar: 1) refinado; 2) estándar; 3) mascabado. Los precios variaban según dos destinos: Comercio (consumo directo) e Industrial (consumo indirecto).

El azúcar para el comercio (consumo directo) podía venderse al mayoreo, medio mayoreo y al menudeo, los precios eran diferentes para cada escala comercial. En el caso de las ventas con destino industrial tenían un precio mayor para la industria de bebidas embotelladas, que para otras industrias; no es clara la razón de tal diferencia. El diferencial de precio entre los diferentes tipos de azúcar y destinos generó distorsiones en el mercado azucarero nacional, a través de la desviación de azúcar más barata para el consumo de las industrias refresqueras.<sup>7</sup>

A partir de 1991, el precio del azúcar se modificó mensualmente para cada tipo de azúcar y desapareció el diferencial de precios según el destino (comercial e industrial). También se lanza al mercado una nueva clase de azúcar: el azúcar blanco popular, a un precio mayor que el tipo estándar, pero menor que el refinado, dadas sus características de pureza y color. Así mismo, los precios del azúcar al medio mayoreo desaparecen, pero persisten diferencias en los precios del azúcar según diferentes regiones: como en los estados del norte y en el resto de la república mexicana.

El consumo del azúcar registró una tasa de crecimiento de 1980 a 1999 del 121 por ciento, causado principalmente por el crecimiento poblacional y el control en los precios. El azúcar puede ser considerado un bien final o un bien intermedio, dependiendo del uso para el cual esté destinado; en el primer caso es consumido directamente por las economías domésticas, y en el segundo es utilizado como insumo para la elaboración de otros bienes.

Después de 60 años de control oficial, el precio del azúcar se liberó a partir del 15 de febrero del 2005, para que en el mediano plazo su precio se ajustara a las cotizaciones vigentes en el mercado internacional. El presidente de la cámara de la industria azucarera, aclaró que después de la devaluación de 1994 la mayor parte de los productos se dispararon mientras el precio del azúcar se quedó fijo; durante 1995 el azúcar aumentó un 25%, mientras otros productos se elevaron un 50 o 60%, a nivel de una inflación del 50%.<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. Centro de Estudios de las Finanzas publicas CEFP/039/2001, La Agroindustria azucarera en México, Palacio Legislativo Sn Lázaro D.F. Sep 2001, Pg.12.

<sup>8</sup> Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. Centro de Estudios de las Finanzas publicas CEFP/039/2001, La Agroindustria azucarera en México, Palacio Legislativo Sn Lázaro D.F. Sep 2001, Pg.12.



### **1.3 CAMBIO EN EL SISTEMA DE PAGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR TENDIENTE HACIA EL PAGO POR CALIDAD**

Con el fin de proporcionar certidumbre económica a los distintos sectores que intervienen en la producción de azúcar se establecieron reglas que rigen las relaciones entre ingenios y los productores de caña, las cuales se encuentran contenidas en nueve decretos presidenciales conocidos como decretos cañeros:

- 1) Decreto del 20 de abril de 1944
- 2) Decreto del 14 de junio de 1953
- 3) Decreto del 24 de octubre de 1975
- 4) Decreto del 2 de enero de 1980
- 5) Decreto del 31 de mayo de 1991
- 6) Decreto del 27 de julio de 1993.
- 7) Decreto del 26 de marzo de 1997
- 8) Decreto del 31 marzo de 1998
- 9) Decreto del 28 octubre de 1999

Los decretos establecían que el pago por la caña dependería de la cantidad de azúcar producida; obligando a los agricultores cuyas tierras estaban en las áreas cercanas al ingenio llamadas “zonas de abastecimiento” a producir exclusivamente caña y a los ingenios a adquirirla. El precio de la caña de azúcar debería referirse al azúcar recuperable base estándar, a razón de cincuenta y cuatro por ciento del precio al mayoreo de un kilogramo de azúcar base estándar, libre a bordo ingenio, entendiéndose por ésta la que cumpla con las normas dictadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Este procedimiento determinaría el valor total de la caña entregada.<sup>9</sup>

### **1.4 LA FIRMA DEL TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE (TLCAN)**

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) suscrito el 17 de diciembre de 1992 por los gobiernos de México, Canadá y Estados Unidos entró en vigor el primero de enero de 1994, este tratado contempla artículos y apartados especiales en lo que se refiere a la comercialización de azúcar y edulcorantes, sobre todo dentro del comercio entre México y Estados Unidos (EUA). Entre los acuerdos recíprocos entre México y EUA dentro del Tratado, se establece que:

- México y Estados Unidos celebrarán una reunión anual durante los primeros 14 años del Tratado, (1994-2007) para determinar en qué cantidad cada uno será productor superávitario.
- En cada uno de los primeros 14 años comerciales a partir de la fecha de entrada en vigor del TLCAN, habrá trato libre de impuestos a una cantidad de azúcar y jarabes, fijada en un volumen no menor a 7,258 toneladas, y no mayor de

<sup>9</sup> Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. Centro de Estudios de las Finanzas publicas CEFP/039/2001, La agroindustria azucarera en México, Palacio legislativo San Lázaro .D.F. Sep 2001. Pg.10.



25,000 toneladas métricas valor, crudo independientemente si sean o no productores superávitarios.

- Si un país es superávitario durante los primeros seis años comerciales (1994 a 1999) del TLCAN, la cantidad límite a exportar libre de arancel será de 25,000 toneladas métricas. Para el séptimo año será de 150,000 toneladas y por cada uno de los años comerciales siguientes será el 110% del límite correspondiente al año anterior. Para que se puedan exportar éstos volúmenes al país deberá ser superávitario por dos años consecutivos, el corriente y el subsecuente.
- A partir del séptimo año (2000) se dará trato de nación más favorecida a las importaciones de los EUA, sin aplicar aranceles mayores que los que México aplica a las demás Naciones y tampoco mayores a los que EUA aplica para el mismo producto.

El objetivo de México con la firma de este Tratado es:

1. Promover un mejor acceso de nuestros productos mediante la reducción total de los aranceles y barreras no arancelarias.
2. Protegerse de medidas discrecionales en contra de nuestros productos, mediante un mecanismo para la resolución de controversias.
3. Atraer inversiones extranjeras.
4. La posibilidad de tener acceso a insumos y tecnología de vanguardia.
5. Fortalecer a la industria nacional y que el sector exportador explote eficientemente sus ventajas competitivas.
6. Acceso a mercados más grandes.
7. La creación de empleos más productivos que incrementen el bienestar de la población.
8. Poner a disposición del consumidor mexicano una mayor variedad de bienes y a menor precio.

A partir de la entrada en vigor del TLCAN en enero de 1994, México acordó la exportación a Estados Unidos de 25 mil toneladas de azúcar durante los primeros 6 años de operación del Tratado, para posteriormente y comprobando una producción excedentaria de 2 años, exportar sin límite la sobre producción de azúcar a ese país, sin embargo en el año 2000 Estados Unidos anunció que la cuota máxima de exportación de azúcar originaria de México sería de 116 mil toneladas, violando los acuerdos firmados.

### **1.5 LA SUSTITUCIÓN DE IMPORTANTES CANTIDADES DE AZÚCAR POR JARABES DE MAÍZ DE ALTA FRUCTOSA (ENTRE 1996 Y 2001)**

Por otra parte, se debe de considerar que las industrias refresqueras mexicanas, principales consumidores de azúcar en México, iniciaron el consumo de alta fructuosa aproximadamente en 1995, para sustituir el azúcar, por razones de precio fundamentalmente. Los grandes productores norteamericanos de fructuosa, al amparo del Tratado de Libre Comercio, comenzaron a introducir a México importantes cantidades de alta fructuosa al mismo ritmo que las industrias refresqueras mexicanas adaptaban sus instalaciones.



En ese contexto, la industria de la caña de azúcar en México enfrenta una crisis desde hace varios años, como consecuencia principalmente, de la diversificación hacia nuevos productos de alto valor agregado como los jarabes fructosados, mucho más baratos que la azúcar por estar producidos a partir de los grandes excedentes exportables de maíz, subsidiados por el gobierno de Estados Unidos, principal proveedor de fructuosa de México.<sup>10</sup> Desde que se eliminaron los permisos previos de importación de azúcares en 1990, se incrementaron las importaciones de éstos en sus diferentes calidades a precios por abajo de los concertados, además de elevar la acumulación de inventarios por parte de los productores, creándose, a partir de ello, una importante sobreoferta de azúcar que afectó a la industria azucarera nacional, aunado a los problemas que ya venía enfrentando esta industria a partir de la privatización de los ingenios.

El desarrollo de la producción internacional intensiva de jarabe de fructuosa comenzó a principios de los años ochenta, cuando diversas empresas estadounidenses pusieron en práctica la tecnología de conversión del almidón de maíz en jarabes llamados fructosados. Estos, son soluciones del azúcar glucosa, producido por degradación del almidón mezclada con el azúcar fructosa, obtenido por una conversión bioquímica de la glucosa. Para ello, se utilizan catalizadores biológicos o enzimas que se obtienen de microorganismos especializados, cultivados a escala industrial y aislada mediante técnicas de microbiología y genética. Esa producción enzimática cambió el mercado azucarero mundial, pues los países de clima templado con excedentes de almidón, derivados de sus cereales, pudieron obtener jarabes tan o más dulces que los de la sacarosa, obtenida de la caña o la remolacha.

Al comenzar a verse afectados por dichas importaciones la industria azucarera mexicana solicitó a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secretaría de Economía) la revisión del proceso de desgravación de las importaciones de fructosa e iniciar una demanda antidumping. Como resultado de estas acciones, SECOFI impuso aranceles compensatorios a la alta fructosa que ayudaron a detener el avance de la importación del edulcorante, aunque no detuvieron su producción interna a base de maíz amarillo importado a precios subsidiados originario de Estados Unidos y sin incluir el arancel estipulado en el mismo Tratado de Libre Comercio. Las medidas comerciales impuestas por el gobierno mexicano propiciaron que disminuyeran los volúmenes de importación de fructosa a partir de 2002, en particular los de jarabe de fructosa con contenido superior al 50% y menor o igual a 60% de su peso (fracción arancelaria 1702.60.01), las cuales, se estima que alcanzaron 250 mil toneladas en 2001, mientras que en 2002 fueron únicamente 9 mil 800 toneladas y su valor pasó de 59.5 millones de dólares a 5.8 millones de dólares en ese periodo, una caída de 90 por ciento. En 2004, se importaron de Estados Unidos únicamente 4.7 mil toneladas, equivalente a 1.3 millones de dólares aproximadamente. Así, después de que Estados Unidos fue el principal proveedor de este producto, pues cubría casi el cien por ciento de las importaciones en la década de los noventa, en 2004 representó sólo el 23 por ciento

---

<sup>10</sup> La industria de la fructuosa su impacto en la agroindustria azucarera mexicana, Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo, editorial futura texcoco México, s.a.



de éstas, mientras que de Canadá se importó el 87 por ciento restante, que representó 4.3 millones de dólares y 17.9 mil toneladas de dicho producto.<sup>11</sup>

En 2003 y 2004, el mercado azucarero en México enfrentó desequilibrios importantes, toda vez que los inventarios registraron una reducción significativa, debido a que el consumo nacional estimado de este edulcorante representó cerca del 100 por ciento de la producción nacional y las restricciones a las importaciones de fructosa derivaron en mayor demanda de este insumo por parte de la industria refresquera, de tal manera que en 2004 se llegaron a importar 112.9 millones de dólares, lo que significó un incremento en las importaciones totales de azúcar de 107.3 por ciento respecto al año previo, siendo que desde 1996 no se efectuaban importaciones tan elevadas.<sup>12</sup> Esta reducción de inventarios ocasionó presiones al alza en los precios del azúcar. Ante estas circunstancias el 31 de enero de 2005, se reformó el arancel específico (AE) a la importación de las siguientes fracciones arancelarias. El incremento en la producción de azúcar, el comportamiento en sus precios y los amparos de algunas empresas refresqueras para introducir fructosa son factores de los que dependería si se modifica o no el cupo de importación de azúcar, el cual se encuentra actualmente en 112 mil toneladas.

Tabla 1.5.1  
Producción de Azúcar e Importaciones de Fructosa provenientes de EEUU

Año	Azúcar Producida		Importaciones de Fructosa	
	(toneladas)	(variación % anual)	(toneladas)	(variación % anual)
1997/98	5,174,027	13.87		
1998/99	4,698,919	-9.18	284,898	
1999/00	4,695,827	-0.07	334,787	17.51
2000/01	4,923,631	4.85	277,239	-17.19
2001/02	4,872,388	-1.04	250,000	-9.83
2002/03	4,927,574	1.13	9,800	-96.08
2003/04	5,024,078	1.96	4,795	-51.07
2004/05	5,623,024	11.92	4,684	-2.31

Fuente: Elaborado por el CEFP de la H. Cámara de Diputados con datos del INEGI y Secretaría de Economía.

<sup>11</sup> Cámara de Diputados, Centro de Estudios de finanza Pública. CEFP/022/2005. El impacto de las importaciones de fructuosa en la Industria Azucarera, Julio 2005, Pg 5.

<sup>12</sup> Cámara de Diputados, Centro de Estudios de finanza Pública. CEFP/022/2005. El impacto de las importaciones de fructuosa en la Industria Azucarera, Julio 2005, Pg 6.



Tabla 1.5.2  
México: Importaciones de Fructosa y Maíz Amarillo, 1999-2004

AÑO	Fructosa		Maíz Amarillo	
	Valor (miles de dólares)	Volumen (miles de toneladas)	Valor (miles de dólares)	Volumen (miles de toneladas)
1999	55,906	334.8	392,946	5,145
2000	61,645	277.2	353,592	4,935
2001	59,462	250.0	271,019	2,398
2002	5,794	9.8	527,778	4,479
2003	1,422	4.8	642,705	5,401
2004	1,345	4.7	648,615	5,096

Fuente: Elaborado por el CEFP de la H. Cámara de Diputados con datos de la Secretaría de Economía, SIAVI y USDA. 1/ Cifras reportadas en el SIAVI, Secretaría de Economía.

La liberación del comercio mundial de los edulcorantes y del azúcar en especial presenta grandes obstáculos; prueba de ello es que no se ha logrado un acuerdo que permita las cláusulas económicas en los acuerdos administrativos firmados en los últimos años de ahí que los precios mundiales sigan por debajo de los costos de producción de la mayoría de los países productores.

No obstante algunos estudios (Ian and Knudsen, 1990, citado por García, 1996) han mostrado que de darse la liberación del comercio mundial de edulcorantes y en particular del azúcar, podría traer como consecuencia un incremento en los precios del azúcar (10-30%) favoreciendo a los países exportadores netos y afectando a los importadores, a lo que a su vez traería ajuste internacional que propiciaría una mayor concentración de la exportación en países con ventajas competitivas y posiblemente, en algunos que posean ventajas comparativas en la producción azucarera. en este contexto los jarabes fructosados podrían ganar mayores espacios del mercado de edulcorantes por sus precios mas competitivos.<sup>13</sup>

La liberalización perjudicaría al sector azucarero de países como Estados Unidos y la Unión Europea los cuales tendrían que abrir más sus mercados y disminuir la protección al sector cañero. Los beneficiados serían los países netamente exportadores como Australia, Tailandia, Cuba y Brasil y que presentan sectores azucareros no tan protegidos como la Unión Europea.

La industria azucarera mexicana se vería fuertemente amenazada por las tendencias de una liberación del comercio mundial de edulcorantes, debido a la competencia que presenta la producción azucarera de países mas eficientes con menores costos de producción, que podrían ganar espacio en el mercado interno si se permite la libre importación de azúcar e incluso de los edulcorantes sustitutos del azúcar, encabezados por los JMAF, los cuales podrían desplazar el azúcar en algunas industrias nacionales.

<sup>13</sup> La industria de la fructuosa su impacto en la agroindustria azucarera mexicana, Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo, editorial futura Texcoco México, S.A.



### **1.6 EL AUMENTO DE LOS PROBLEMAS DE LIQUIDEZ Y LA FALTA DE RECURSOS FINANCIEROS LA EXPROPIACIÓN DE 27 INGENIOS AZUCAREROS EN SEPTIEMBRE DE 2001.**

Tradicionalmente, México ha sido un exportador neto de azúcar, lo que ha significado un ingreso importante de divisas para el país. Sin embargo, la producción masiva de sustitutos de azúcar por parte de nuestro principal socio comercial, Estados Unidos, a partir de los años ochentas, con el jarabe de fructuosa, cuyo precio es significativamente inferior al del azúcar, ha mermado la exportación de azúcar hacia aquél país, además de que éste no respetado lo acordado en el TLCAN respecto al comercio de azúcar entre ambos países, amparados por la llamadas Cartas Paralelas.<sup>14</sup>

En el año 2001, el mercado de azúcar se enfrentó a problemas originados por la apertura comercial, actualmente el costo de producción de una tonelada de azúcar estándar o refinada en México esta entre 400 y 500 dólares, mientras que en el mercado internacional el promedio es de 194 dólares y el costo de una tonelada de alta fructosa, sustituto líquido de la azúcar de caña es de 230 dólares. Es decir, actualmente se paga casi el doble por una tonelada de azúcar nacional que por una tonelada de alta fructosa, el subproducto de maíz que usa la industria alimentaría como sustituto de azúcar. Si el mercado estadounidense continúa cerrado a los excedentes de azúcar mexicana, otros destinos de exportación son muy poco atractivos, pues el precio internacional del dulce esta en promedio 60 por ciento por debajo de los costos de producción locales.<sup>15</sup>

La industria azucarera enfrentó en la zafra 2000-2001 problemas de financiamiento y de pagos a cañeros, por lo que el gobierno federal tomó la decisión de crear fideicomisos a 27 de los 60 ingenios que funcionan en el país; los fundamentos considerados para la expropiación de los 27 ingenios fueron:

- La agroindustria azucarera enfrenta una crisis creciente, cuyas causas han sido desatendidas por años y demandan acciones inmediatas del gobierno federal.
- En víspera del inicio de la zafra 2001 – 2002 existían altas posibilidades de que en algunos ingenios no contaran con los recursos necesarios para garantizar el procesamiento de más de 20 millones de toneladas.
- Evitar poner en riesgo el empleo de los trabajadores de los ingenios, de los prestadores de servicios conexos y, en general la actividad económica del sector.
- La situación técnica y económica de los ingenios antes del arranque del Tratado de Libre Comercio era bastante precaria. De hecho, en el tiempo que el Gobierno Federal administró la mayor parte de los ingenios azucareros (1970-1989) y durante los primeros años de la industria privatizada, se lograron muy pocas mejoras en los principales indicadores de eficiencia que caracterizan a la industria.

<sup>14</sup> Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. CEFP/039/2001, La Agroindustria azucarera en México, Palacio Legislativo Sn Lázaro .D.F. Sep 2001. pg 22.

<sup>15</sup> Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. CEFP/039/2001, La Agroindustria azucarera en México, Palacio Legislativo Sn Lázaro .D.F. Sep 2001. Pg 7.



Por otra parte la incertidumbre en el mercado azucarero y la falta de experiencia y conocimiento de los nuevos dueños de los ingenios sobre la complejidad de las relaciones existentes con los cañeros, agudizó la situación que se venía presentando en la administración de 51 ingenios por parte del gobierno federal. En el Cuadro 1.6, se señala la participación del gobierno federal como administrador de la mayoría de los ingenios azucareros mexicanos. Cuando los ingenios fueron decomisados, la Agroindustria, tenía más superficie cultivada con caña que cuando el gobierno adquirió los ingenios; sin embargo el crecimiento de la producción de azúcar fue insuficiente para satisfacer el crecimiento del consumo y en la década de los 80's fue necesario importar azúcar, para satisfacer las necesidades de consumo doméstico. Después, entre 1989 y 1992 se importaron casi 3.6 millones de toneladas de azúcar, como resultado de la eliminación de los permisos previos de importación en 1989 y también del desorden en la comercialización de azúcar que se presentó en el mercado interno.<sup>16</sup>

Tabla 1.6 Participación del Gobierno Federal en la Industria Azucarera

Concepto	Unidad	1970	1989	% de variación
<b>Número de ingenios</b>	No.	67	61	-8.95
<b>Número de productores de caña</b>	No.	87,158	136,052	56.10
<b>Superficie cosechada de caña</b>	Ha	413,629	558,122	34.93
<b>Rendimiento en campo</b>	T/ha	64.54	69.43	7.58
<b>Rendimiento agroindustrial</b>	Taza de azúcar/ha	5.64	6.46	14.54
<b>Capacidad instalada de producción de azúcar</b>	Taza de azúcar	3,333,117	5,272,788	58.19
<b>Número de obreros</b>	No.	28,442	38,825	36.51
<b>Rendimiento en fábrica</b>	%	8.86	9.31	5.08
<b>Pérdidas de sacarosa</b>	%	2.534	2.61	3.00
<b>Pérdidas de tiempo</b>	%	31.28	27.12	-13.30
<b>Consumo de petróleo por tonelada de azúcar</b>	L	37.07	20.71	-44.13
<b>Producción de azúcar</b>	T	2,206,523	3,471,763	57.34
<b>Consumo de azúcar</b>	T	1,840,768	3,733,752	102.84
<b>Precio de la caña de azúcar</b>	\$/Tde1970	68	81	19.12
<b>Costo de producción de azúcar</b>	\$/kgde1970	1.52	1.76	15.79

Fuente: García-Chávez, Luis R., 1997. La Agroindustria Azucarera de México Frente a la Apertura.Comercial. Sagar. México.

<sup>16</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN, La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Responsable: Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo





### 1.6.1 PRODUCTIVIDAD DE LOS INGENIOS AZUCAREROS MEXICANOS

La variedad de condiciones de operación de los ingenios azucareros mexicanos y la diversidad de los campos cañeros requiere de la sistematización de los principales instrumentos de productividad y costos, con la finalidad de identificar y sus campos cañeros son sensibles a la competencia que representa ante otros sustitutos de su principal producto (azúcar).

El rango de capacidad de las fábricas de azúcar comprende entre 1.2 y 20mil toneladas de caña por día. Dentro de este universo se efectuó una clasificación de las áreas cañeras, junto con sus ingenios, tomando como referencia los parámetros productivos mas relevantes que determinan la productividad de la agroindustria de México se presenta en la tabla 1.6.1.1., y el referente internacional en la tabla 1.6.1.2. El modelo de clasificación de los ingenios azucareros de México, junto con sus campos cañeros se fundamenta en los trabajos por García en 1997 y comprende la información estadística de 1991 a 1996 proveniente del comité de agroindustria azucarera y la Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcohólera.

Tabla 1.6.1.1 Modelo de clasificación de los ingenios azucareros mexicanos según productividad

PARAMETROS PRODUCTIVOS	PUNTOS ( 1 )				Ponderación ( 2 )
	4	3	2	1	
<b>Subsistema campo</b>					
Superficies de cosecha (Miles de t/ha)	>12	12-10	<10-6	<6	1
Caña molida (Miles de t/Ha)	>1000	1000- 700	<700-400	<400	1
Caña por Hectárea (t/Ha)	>80	80 - 70	<70-60	<60	3
Fibra de caña (%)	<12,5	12,5 - 14	14 - 15	>15	3
Sacarosa en caña (%)	>15	15 - 13	<13 -11	<11	4
<b>Subsistema Fábrica</b>					
Producción de azúcar (Miles de t)	>100	100- 70	<70-40	<40	2
Rendimiento en fabrica ( % )	>12	12-11	<11-10	<10	3
Eficiencia en fabrica (%)	>80	80 -78	<78-75	<75	3
Pureza del jugo de desmenuzadora (%)	>85	85 - 83	<83-80	<80	3
Perdidas totales de sacarosa (%)	<2	2 - 2,5	2,5<3	>3	4
Productividad Agroindustrial (t/ha)	>10	10-7	<7-4	<4	4
Nivel de clasificación (grupo)	ingenios de baja	ingenios de productividad media		ingenios de alta	
	productividad			productividad	
Campo	<14	15 - 24	25 - 36	Mayor de 36	
Fábrica	<17	18 - 30	31 - 45	Mayor de 45	
Agroindustrial	Menos de 5	5-8	9-12	Mayor de 13	

(1) Se refiere a la puntuación que obtiene cada ingenio según su valor del parámetro productivo; (2) la ponderación se establece de acuerdo a la importancia relativa que tiene cada parámetro de productividad. NOTA: de manera global, los ingenios se clasifican en los siguientes grupos: alta productividad, entre 94 y 124 puntos; productividad media, entre 38 y 93 puntos y baja productividad, menos de 38 puntos. Fuente: Elaboración con datos del comité de la agroindustria azucarera, desarrollo operativo campo-fabrica de las zafras 1991 a la 1996.



Apartir del modelo, los ingenios azucareros se clasificaron en tres niveles tecnológicos: a) de tecnología moderna o ingenios de alta productividad que incorporan esquemas termodinámicos eficientes, con maquinaria y equipo actualizado(11 ingenios); b) de tecnología intermedia (35 ingenios) que incorporan equipos modernos, pero que también tienen en operación equipos antiguos, con elevados consumos de energía y c) de tecnología atrasada(19 ingenios) con maquinaria y equipos obsoletos, elevado consumo energético y grandes desbalances departamentales, lo cual provoca fuertes pérdidas de sacarosa durante el proceso.

Trabajos mas recientes (Banamex, 1998) utilizando una metodología similar pro con información de las zafras 1992 a 1997, también clasifica a los ingenios en tres grandes grupos: el grupo de eficiencia productiva alta que incorpora a 25 ingenios y el grupo de eficiencia productiva intermedia que incorpora a 16 ingenios y el grupo de eficiencia productiva baja que tiene a 19 ingenios. En el análisis que realiza banamex se concluye que es necesario mantener un balance entre producción azucarera y el consumo, a través de un mecanismo regulador y/o continuar con las exportaciones de azúcar al mercado mundial. De no lograrse el balance, el grupo de ingenios de baja eficiencia productiva corre el riesgo de cerrar.

Tabla 1.6.1.2 Indicadores de productividad azucarera mundial y de algunos países seleccionados 1990-1993

Indicador	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Campo</b>								
Caña por hectárea( t / ha)	78	60,3	42	66,2	57,6	73	60,8	59,32
Fibra en caña( % )	14,1	14,2	13,7	12,3	15,2	14,2	13,9	
Sacarosa en caña ( %)	14,4	13,2	12,6	12,5	12,7	12,1	13,1	
<b>Fabrica</b>								
Rendimiento en fabrica ( %)	14,6	10,7	10,9	11,7	11,9	9,6	12	10,25
Recobrado ( % )	89,8	83,8	83,2	83,2	86,2	78	85,1	
Pérdidas de sacarosa ( % )	1,5	2,1	2,1	2,1	1,8	2,7	1,9	
Pureza de jugo de mezclado ( % )	85,6	85,5	82,8	82,8	85,8	82	84,5	
<b>Agroindustria</b>								
Azúcar por hectárea	11,3	6	4,5	7,7	6,9	7	7,4	6,09
Azúcar por trabajador ( t )	293,2	77,3	120,5	12,5	29,6	14	105,9	
Costos de producción por país								
seleccionando ( US \$ / t )	233	192	406	385	320	314	308	338

A: Australia; B: Brasil; C: Cuba; D: Estados Unidos; E: Sudáfrica; F: México; G: Promedio del grupo; H: Promedio mundial. Fuente: García, 1997. La agroindustria azucarera de México frente a la apertura comercial, Sagar-CIETAAM-CYTCAÑA, Chapingo, México.

Las estadísticas muestran a México comparado con los mayores productores de azúcar de caña, en una gran desventaja, debido entre otras causas al abandono en el que esta industria debido a la reducción en los márgenes de utilidad. El tener los recursos naturales necesarios parece no ser suficiente para lograr un repunte en esta industria, desde hace 15 años México en cada zafra menos competitivo frente a los grandes productores de azúcar ya que algunos ingenios se han ido deteriorando mas cada día que pasa y las políticas y acciones hechas por los industriales y el gobierno no han tenido un impacto positivo en esta agroindustria.



### 1.7 ARANCELES COMPENSATORIOS y FALLOS DE LA OMC

En enero de 2002, se determinó por parte de los Legisladores aplicar un impuesto a los refrescos endulzados con fructosa. La medida ocasionó la disminución al mínimo del consumo de éste tipo de edulcorantes derivados del maíz.<sup>17</sup> El impuesto especial de 20 por ciento aplicado a los refrescos elaborados con jarabe de maíz de alta fructosa resultó ser efectivo, toda vez que desmotivó su consumo aumentando el de azúcar producida en el país y disminuyendo de manera importante la importación de fructosa originaria de Estados Unidos.<sup>18</sup>

El impuesto a la fructosa tuvo el efecto esperado al aumentar el consumo de azúcar, sin embargo, no se previó que disminuyeran los inventarios y se tuviese que importar azúcar para abastecer la demanda interna. Asimismo, sus efectos se extendieron al sector productor de maíz amarillo, insumo para la elaboración de jarabe de alta fructosa y jarabe de maíz, mismo que ha visto una disminución en su demanda y, en consecuencia de los ingresos de los productores tanto de grano como de las empresas que lo procesan para la obtención de fructosa.

La mayor demanda de azúcar observada a partir de las disminuciones de fructosa originó una reducción en los inventarios, teniéndose que importar 112.9 millones de dólares en azúcar ocasionando un déficit comercial de azúcar, déficit que no se observaba desde 1994. Al mantenerse vigente el impuesto al jarabe de maíz de alta fructosa continúa la disputa entre México y Estados Unidos, país que interpuso nuevamente una demanda ante la OMC en 2004. En un reporte preliminar emitido el 27 de junio de 2005, la OMC favoreció a Estados Unidos concluyendo que el impuesto no es congruente con la obligación de México de otorgar trato nacional a las importaciones de fructosa de Estados Unidos, que el impuesto favorece el producto nacional y le quita oportunidades de competir al producto importado.

Con motivo de que el 8 de agosto del 2005 un grupo especial de la Organización Mundial de Comercio (OMC) emitió el informe final en contra de México en la controversia que sostiene con Estados Unidos por el impuesto especial sobre producción y servicios para refrescos y otras bebidas para los que se utiliza cualquier edulcorante distinto del azúcar de caña, se presentaron diversas opiniones y reacciones por parte de industriales del azúcar, productores de caña, legisladores así como de la Secretaría de Economía y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La Secretaría de Economía, no ha decidido apelar el informe final del grupo especial del órgano de solución de diferencias (OSD) de la OMC y en su lugar propone aplicar el arancel de 210% a las importaciones de fructosa proveniente de Estados Unidos. El incumplimiento de los Estados Unidos de los acuerdos del TLCAN en materia de edulcorantes que ha impedido la colocación de los excedentes nacionales de azúcar como está acordado y comprometido en el tratado.

<sup>17</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN, La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Responsable: Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo

<sup>18</sup> Cámara de Diputados del Centro de Estudios Financieros Publica CEFP/022/2005. El impacto de las Importaciones de fructuosa en la Industria Azucarera, Julio 2005.



## **1.8 CONTROVERSIAS POR LA LEY DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CAÑA DE AZÚCAR.**

En la presente administración de Vicente Fox, autoridades, productores e industriales de caña y azúcar en el país no han logrado un acuerdo sobre el rumbo del sector, del que dependen 2.5 millones de personas. A una expropiación de los ingenios hoy cuestionada se ha sumado la falta de coordinación para crear reglas que ordenen la actividad y para enfrentar la competencia externa.

La expropiación de 27 ingenios en 2001, la abrogación del decreto cañero y la aprobación en la Cámara de Diputados del impuesto especial de 20 por ciento al uso de fructosa mantiene la incertidumbre de los productores de caña de azúcar y consumidores finales como productores de refrescos y dulces. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) pretendía crear "un mercado libre de caña con una visión integral y moderna para optimizar la materia prima que ya no es elaboradora de un solo producto". Sin embargo, la cámara de diputados decidió lo contrario, al aprobar la ley cañera y establecer los nuevos mecanismos para el pago de la caña de azúcar.<sup>19</sup>

Los tiempos difíciles de la agroindustria no terminan; está lejos de voltear la página de la época de la cartera vencida, deficiente comercialización y exceso de inventarios. Siguen vigentes las restricciones a las exportaciones a Estados Unidos y la controversia ante la organización mundial de comercio que interpusieron productores de fructosa por el gravamen a ese endulzante, ya que su importación desplazó 500 mil toneladas de azúcar nacional. Lo que se requiere es que la agroindustria de la caña de azúcar llegue al 2008 en las mejores condiciones posibles para aprovechar la regla establecida en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) que debe abrir el mercado de Estados Unidos a los excedentes mexicanos de azúcar.<sup>20</sup>

### **1.8.1 El conflicto de la política azucarera**

A finales de 2004 el gobierno federal anunció nuevas políticas para disminuir los aranceles a la importación de azúcar y bajar su precio hasta 18 por ciento. El primer paso lo dio el 14 de enero, cuando la SAGARPA difundió la abolición del decreto cañero que rigió por más de 30 años. La decisión quiso hacer frente a los dos grandes candados que limitan el funcionamiento del sector con mayor eficiencia y productividad: el decreto cañero y el contrato ley de la industria azucarera. La iniciativa gubernamental quedó corta, pues se trató de una decisión para reunir a productores de caña e industriales y sujetar su relación de compra-venta en esta

<sup>19</sup> La industria de la fructuosa su impacto en la agroindustria azucarera mexicana, Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo, editorial futura Texcoco México, s.a.

<sup>20</sup> La industria de la fructuosa su impacto en la agroindustria azucarera mexicana, Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo, editorial futura Texcoco México, s.a.



industria que representa 26 mil 700 millones de pesos y una participación de 8.4% del PIB del sector de alimentos, bebidas y tabaco.<sup>21</sup>

El gobierno federal y los empresarios manifiestan que la nueva Ley cañera "mantendrá los vicios de esa agroindustria, como contratos uniformes sin importar la calidad de la materia prima y los precios de referencia". De acuerdo con datos de la CNIAA, el contrato Ley y el pago de la caña a precio de referencia del azúcar representan 72 % de los costos. La CNIAA, rechaza que la ley aporte a la regulación del mercado, ya que no mejora la competitividad. "Dada la dimensión de esta industria, se destaca que la mayor contribución de la IIX legislatura en el dictamen de la Ley cañera es construir un marco jurídico que reglamente la agroindustria de la caña de azúcar en concordancia con la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.<sup>22</sup>

El dictamen aprobado demanda que el gobierno federal defina una política de Estado en materia azucarera que tenga como metas fortalecer y modernizar el marco jurídico que regula la actividad, y adecuar las políticas de fomento con miras a la apertura comercial que comenzará en 2008. Así, deberán considerarse los balances azucareros de edulcorantes totales por país para el TLCAN, que incluya la comparación de producción, consumo, costos, subsidios y precios del azúcar de caña, de remolacha, jarabe de maíz de alta fructosa y edulcorantes artificiales.

Esto implicaría, además como establece el TLCAN, evitar las triangulaciones de azúcares adquiridos en mercados diferentes, homologar costos y eliminar subsidios. Con ello se pretende alcanzar un intercambio comercial en el marco de una apertura verdadera con efectos positivos en la eficiencia, la productividad y en una relación comercial justa y equitativa en un entorno de integración económica. Igualmente, se trata de crear un esquema de financiamiento de los inventarios (sistema de reparto), para garantizar la restitución del capital de trabajo de la industria, así como el crédito al campo cañero. Se busca impulsar los usos alternativos de la caña, como el aprovechamiento del bagazo en celulosas, resinas fenólicas, furfural (utilizados para fibras textiles, pegamentos y plásticos) y otros. Además, fomentar la integración vertical y la modernización tecnológica del sector.

Mientras, la Ley cañera mantiene los elementos fundamentales del decreto que había abrogado el gobierno federal, como el pago de referencia para los productores, la permanencia del contrato uniforme para los cañeros y la participación con un nuevo precio de referencia para los productores que ofrezcan la caña para otras funciones que no sean la elaboración de azúcar.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN, La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Responsable: Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo

<sup>22</sup> Jornada INDUSTRIA SIN INGENIO María del Pilar Martínez, 4 de abril de 2005

<sup>23</sup> Jornada INDUSTRIA SIN INGENIO María del Pilar Martínez, 4 de abril de 2005



---

## **CAPÍTULO 2**

# **USOS ALTERNATIVOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SUS DERIVADOS**



## 2.1 USOS ALTERNATIVOS DE LA CAÑA DE AZUCAR Y SUS DERIVADOS

En algunos países se ha observado en los últimos años un aumento en el interés de la utilización de los subproductos de la industria de la caña de azúcar, como fuente de energía, como otra alternativa y como consecuencia al alza de los precios de los combustibles fósiles y la baja del precio del azúcar.

El sustento de este capítulo está dado por las siguientes consideraciones que organizaciones como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) tienen hacia la agroindustria de la caña de azúcar.

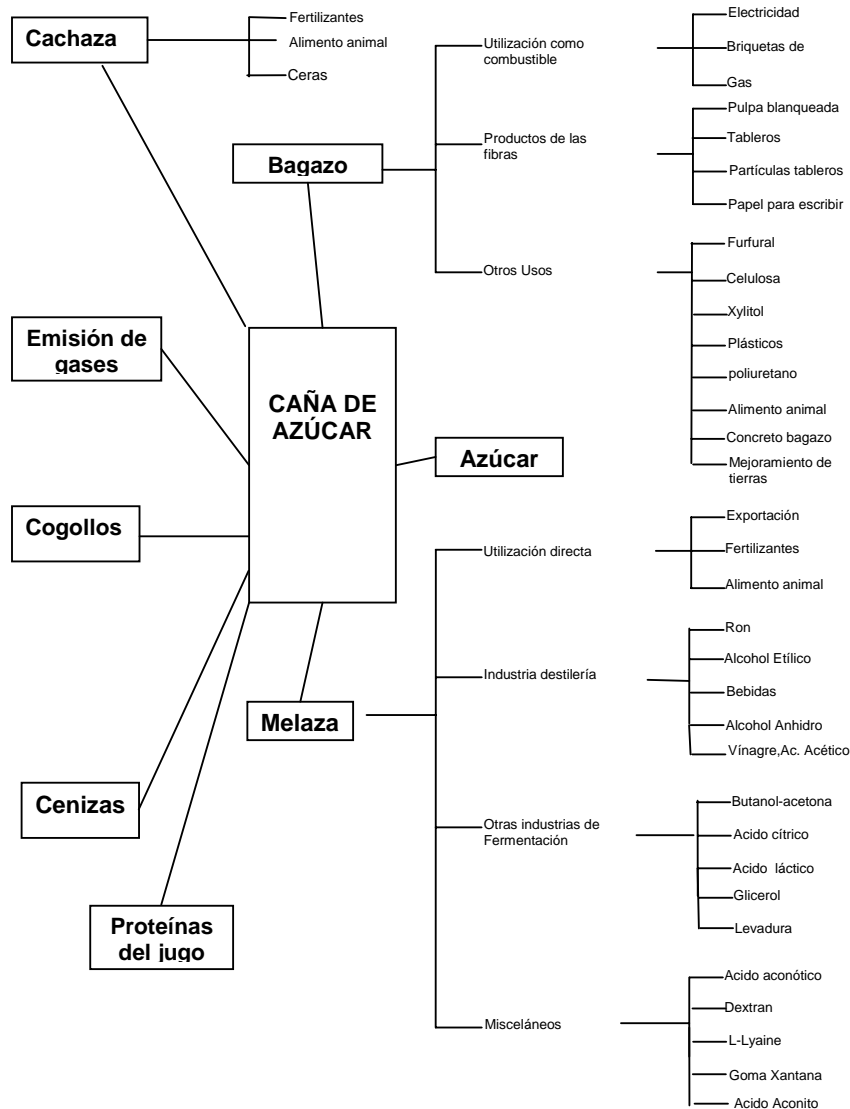
- ❖ La obtención de energía renovable (alcohol, biogás y electricidad) a partir de la caña de azúcar es una alternativa de mínimo impacto ambiental viable tecnológicamente
- ❖ El empleo de la cachaza como abono orgánico en sustitución de compuestos químicos es atractivo. En general, los residuales del proceso (aguas residuales y lodos provenientes de la obtención de biogás) pueden utilizarse ventajosamente para sustituir el empleo de fertilizantes obtenidos por síntesis química
- ❖ El desarrollo de una industria de derivados, permite la sustitución de productos con impacto ambiental adverso como el cemento y el papel. De igual forma, esta alternativa promueve la realización de investigaciones y contribuye, al mismo tiempo que incrementan el valor agregado a la estructura de resultados productivos.
- ❖ El excedente de bagazo del proceso de producción de azúcar tiene buenas características como combustible ecológico, al mismo tiempo que permite la cogeneración de energía eléctrica durante el proceso de fabricación de azúcar
- ❖ Las mieles finales u otras corrientes del proceso de fabricación de azúcar permiten obtener alcohol, de gran importancia en su condición de combustible líquido renovable
- ❖ La producción de biogás a partir de los mostos de las destilerías es una alternativa que en la actualidad tiene gran difusión en los países desarrollados

El presente capítulo muestra las principales características de los productos que pueden ser obtenidos usando como materia prima algún subproducto resultante de la obtención de la azúcar de caña. Además se preselecciona de entre los productos derivados de la caña de azúcar tomando en cuenta a los subproductos sugeridos por el estudio que realizó la FAO, y las alternativas más viables para nuestro país y que en los capítulos subsiguientes se pueda realizar un estudio técnico, económico, de los subproductos de la caña de azúcar y poder dar una propuesta de cuales opciones serán las más interesantes para nuestro país.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> <http://www.monografias.com>. "Caña de Azúcar Oportunidades y Amenazas", 22/ Noviembre / 2005 Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.



Tabla 2.1 Los principales subproductos de la caña de azúcar son:



Fuente: Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.

Hoy en día se dispone de cantidades suficientes de tres subproductos principales, bagazo, cachaza de filtro prensa y melaza, a precios moderados, para poder llevar a cabo importantes actividades agroindustriales. Las estrategias de diversificación de la industria de la caña de azúcar puede ser una respuesta viable a las amenazas presentes si se realiza efectivamente y teniendo en cuenta los criterios del desarrollo sostenible, que en resumen serían cuatro puntos que se describen a continuación:





1. Es posible desarrollar una amplia industria de derivados, que a su vez potencie el despegue de otras ramas y sectores de la economía nacional.
2. Para el desarrollo del amplio potencial de la industria de derivados se requiere de la realización de investigaciones, lo que promueve el fomento de este importante sector nacional en el largo plazo
3. El proceso de producción de azúcar a partir de caña no requiere inicialmente de un universo de conocimientos industriales y agrícolas que en la actualidad se encuentre fuera del alcance de los países subdesarrollados, donde este cultivo está relativamente difundido
4. El cultivo de la caña de azúcar es atractivo desde el punto de vista de las potencialidades de obtención de energía de manera renovable, debido a la alta eficiencia de esta gramínea en la producción de biomasa a partir de la energía solar.<sup>25</sup>

La tendencia actual de realizar análisis integrados para el establecimiento de políticas macroeconómicas, conlleva a considerar de manera conjunta las tres vertientes siguientes: propuestas del desarrollo sostenible: características y potencialidades de la caña de azúcar y comportamiento del mercado asociado, las que permiten identificar un conjunto de aspectos característicos del sector, que pueden resumirse de la forma siguiente:

1. El debate actual del Desarrollo Sustentable está centrado en: lograr crecimiento económico, manteniendo un equilibrio entre las entradas y salidas de material y energía del sistema
2. Existe una gran preocupación a nivel internacional por el ritmo de explotación de las fuentes de energía fósiles, lo que provoca cada vez más fuerza la tendencia a la búsqueda de alternativas energéticas renovables, en particular con el uso de la biomasa
3. La caña de azúcar es uno de los cultivos que almacena en forma de biomasa la mayor cantidad de la energía disponible en la radiación incidente, al mismo tiempo que dispone de un potencial genético de la cosecha entre 200-300 ton/Ha, muy superior al promedio mundial actual de 60 ton/Ha
4. La caña de azúcar puede utilizarse como fuente de materia prima para una amplia gama de derivados, algunos de los cuales constituyen alternativas de sustitución de otros productos con impacto ecológico adverso (cemento, papel obtenido a partir de pulpa de madera, etc.)
5. Los residuales y subproductos de esta industria, especialmente los mostos de las destilerías son relativamente contaminantes, al mismo tiempo que contienen una gran cantidad de nutrientes orgánicos e inorgánicos que permiten su reciclaje en forma de abono, alimento animal, etc. En este sentido es importante señalar el empleo de la cachaza como fertilizante
6. El tratamiento de los efluentes (aguas residuales y mostos) mediante la fermentación anaeróbica puede utilizarse para la obtención de energía renovable en forma de biogás

---

<sup>25</sup> Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.



7. Las mieles finales y los jugos del proceso de producción de azúcar pueden emplearse para la producción de alcohol, lo que permite disponer de un combustible líquido de forma renovable
8. El precio deflacionado de los productos convencionales asociados a la industria de derivados (tablero, papel, alimento animal) como regla, al menos, no crece, en contraposición al precio de la energía
9. La aparición en los países desarrollados de edulcorantes alternativos, subsidiados en algunos casos, y su acelerada introducción en la industria alimenticia, reduce la demanda de azúcar
10. Existe una marcada tendencia al incremento de la producción de alcohol para combustible automotor en el mundo, incluyendo a países desarrollados como EUA, Francia y Canadá
11. La incorporación de los residuos agrícolas de la cosecha (RAC) como fuente de energía es atractiva, aunque debe evaluarse de forma exhaustiva los aspectos económicos asociados, así como la alternativa de su empleo para alimento animal, donde tiene la ventaja de que no compite con la alimentación humana <sup>26</sup>

Hoy en día existen en el mundo muchas alternativas para el aprovechamiento de los derivados de la caña de azúcar, los cuales en teoría pueden ser cerca de 150.

Pero muchas de esas alternativas presentan condiciones de tecnología y marketing que no son económicamente interesantes o son muy complicadas de producir para países como México debido a su infraestructura. Para realizar el estudio de los diferentes subproductos los dividiremos de acuerdo a su medio de obtención de las cuales serán 3 categorías:

1. Productos industriales finales (tableros, papel, ron, etc.)
2. Productos que pueden ser ocupados como combustible para generar energía (bagazo, metano, alcohol etílico, etc.)
3. Productos obtenidos a partir de melazas por fermentación y que se convierten en materia prima para industrias (ácido cítrico, ácido acético, glutamato monosódico, acetona-butanol.)

## 2.2 BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

El bagazo de la caña de azúcar es la fibra residual que se obtiene después de extraer el jugo de la caña de azúcar, y se conforma de fibras, agua y relativas cantidades de sólidos solubles. El promedio de la composición del bagazo de la caña de azúcar es:

---

<sup>26</sup> : Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.



- Fibra 45%: Porta elementos estructurales necesarios para la producción de celulosa y papel.
- Sólidos no solubles: Esta constituido principalmente por sustancias inorgánicas, tiene que ver con el tipo de corte y recolección.
- Sólidos solubles: Fracciones que se disuelven en agua, componentes principal la sacarosa.
- Agua: es retenida por el bagazo por mecanismos de absorción y capilaridad
- Tanto el contenido de sólidos solubles, como la humedad del bagazo, están relacionándose con variables en la operación industrial.

Prácticamente la mitad del bagazo se ocupa como energético para los ingenios, quedando un sobrante factible de ser empleado en más de 40 aplicaciones demostradas, de las cuales las más relevantes son la producción de celulosa y papel, tableros, alimento animal y furfural. El bagazo físicamente está constituido por 4 fracciones cuya magnitud relativa esta en dependencia del proceso agroindustrial azucarero.

**Composición física promedio del bagazo de caña de azúcar.**

**Tabla 2.2.1**

	%
<b>Fibra o bagazo</b>	45
<b>Sólidos no solubles</b>	2-3
<b>Sólidos solubles</b>	1-2
<b>Agua</b>	51-49

Fuente: Manual del ingeniero Azucarero, Tomo III pg 205

En la tabla 2.1.1 se muestran los principales productos que pueden ser obtenidos teniendo como materia prima el Bagazo de la caña de azúcar.

**Tabla 2.2.2 Productos obtenidos apartir de bagazo de la caña de azúcar.**

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS	USOS	INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO
Pulpa quimimecánica		Pastas para papel periódico, imprenta, formulación para almohadillas	N/R
Pulpa química papelera			4 plantas en México con una infraestructura de 160000t/año
Pulpa para disolver grado Rayón		Fabricación de fibras e hilaza destinada a productos sanitarios absorbentes	No esta industrializada internacionalmente
Pulpa Absorbente	Rápida absorción de humedad	Destinada a la producción de pañales	N/R



Continuación.....			
Pulpa soda Antraquinona	Pulpa química papelera de mayor rendimiento y menor consumo de productos y vapor	Pastas para papeles de imprenta, escribir, tissue y servilletas	N/R
Carboximetil Celulosa (CMC)	Éter de Celulosa y Ácido monocloroacético	Producto que se incorpora en la fabricación de detergentes, espesante. En las pinturas es un espesante y dispersante y otros usos en los plásticos.	N/R
Tableros de Partículas de Bagazos	Paneles con partículas de materiales lignocelulósicos aglomerados	Material para muebles	N/R
Tableros de Fibras de bagazo	Placas de diferentes grosores	Revestimiento y acabados de interiores	N/R
Tableros de bagazo cemento	Producto aglomerado con materiales inorgánicos y utiliza como aglutinantes sustancias orgánicas	Interiores y construcciones prefabricadas	Empresa Bison Werke 120 m <sup>3</sup> al día
Furfural	Aldehído derivado de los pentosanos	Materia prima para la producción de Alcohol Furfurico, polímeros furánicos, plaguicidas furánicos	9.8 miles de toneladas al año, pero no reporta cual es la materia prima utilizada.
Bagacillo Hidrolizado	Alimento Animal de fácil digestión	Alimento para ganado vacuno	N/R

\*El dato de la infraestructura en México corresponde si existen industrias que obtengan beneficios de a partir del bagazo de caña de azúcar, reportadas al año 1990 \* N/R significa que hasta 1990 no hay reporte que estén instaladas y produciendo el producto correspondiente en cualquier zona de México. Fuente: <http://www.monografias.com>. "Caña de Azúcar Oportunidades y Amenazas", 22/ Noviembre / 2005 Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.

### 2.2.1 Tableros aglomerados

El desarrollo de las tecnologías para la producción de tableros aglomerados, responde a la necesidad de incrementar los niveles de aprovechamiento de las explotaciones forestales, las cuales representan pérdidas en términos de reducción del área de bosques, así como a la necesidad de utilizar las ramas o los desechos que aparecen durante la explotación y la elaboración de la madera en los aserríos en forma de astillas y recortes. Desde el punto de vista de su fabricación, los tableros aglomerados pueden agruparse en dos categorías bien definidas: partículas y fibras

En el caso de los tableros aglomerados de bagazo, se tiene como antecedente la experiencia acumulada en la fabricación de paneles de fibras, elementos moldeados y otros tipos de paneles, cuyas principales aplicaciones son:



Panelería ligera para divisiones interiores, puertas interiores, closet y estantes de cocina, revestimiento de paredes, etc., pudiendo señalarse, que el empleo de paneles aglomerados de bagazo compara ventajosamente desde el punto de vista económico (reducción del tiempo de ejecución), ecológico (reducción en la emisión de CO<sub>2</sub> debido a la disminución en el consumo de cemento) y el incremento en la flexibilidad de la utilización del espacio al permitir reajustes a través de la sustitución de paredes interiores de viviendas, lo que constituye una alternativa ventajosa para el empleo del bagazo excedente de la producción de azúcar.

Desde el punto de vista de su fabricación, los tableros aglomerados pueden agruparse en dos categorías bien definidas: partículas y fibras, cuyo comportamiento en el mercado internacional se presenta a continuación.

A partir de los análisis realizados por la FAO del comportamiento del mercado de tableros puede establecerse que:

- Las regiones de América del Norte, Europa aportan más del 80% de la producción mundial de tableros
- El aporte a la producción mundial de tableros de estas regiones exhibe una tendencia decreciente, tanto para partículas como fibras, con una tasa de reducción del 0.265% y 0.728% anual respectivamente, lo que indica que la reducción en los tableros de fibras es aproximadamente 3 veces mayor que en los tableros de partículas
- La producción mundial de tableros de partículas mostró una definida tendencia a crecer, en tanto en los tableros de fibras el comportamiento fue oscilante con un crecimiento neto del 20% en el periodo
- América del Norte muestra un comportamiento estable en cuanto a los niveles de participación en la producción mundial de tableros (fibras y partículas) así como en el comercio internacional de éstos
- Europa Occidental exhibe, al igual que América del Norte, niveles estables de participación en la producción mundial de tableros de fibras, en tanto presenta una reducción de más del 15% en su participación en la producción mundial <sup>27</sup>

Con estas perspectivas se puede describir que actualmente aunque es una opción muy interesante para su funcionalidad en México hay un panorama incierto para la industrialización de los tableros Aglomerados, ya que las tecnologías de la construcción en nuestro país están muy consolidadas y no hay perspectivas de que incluyan al los tableros aglomerados como parte de sus técnicas de construcción.

### **2.2.2 Papel**

En cuanto a la producción de papel, ésta puede dividirse para su estudio en las tres categorías siguientes: papel periódico, papel de imprenta, escribir, otros papeles y cartón, cuyos niveles de producción y comercio reportados en los anuarios de productos forestales de la FAO puede resumirse en los aspectos siguientes:

---

<sup>27</sup> Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.



- La producción mundial de estos tres productos exhibe una lenta tendencia de crecimiento, cuya relación de incremento promedio anual se muestra en la tabla 2.2.2.1:
- La producción mundial de papel periódico se mantiene constante a partir de 1989.

Tabla 2.2.2.1 Tipos de papel

<b>Tipo de papel</b>	<b>Tasa de incremento anual (MM tm)</b>
<b>Periódico</b>	<b>0.58</b>
<b>Imprenta y escribir</b>	<b>1.83</b>
<b>Otros papeles y cartón</b>	<b>2.90</b>

Fuente: [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.

Este comportamiento, que de forma general muestra la tendencia a una menor participación en la producción de los diferentes tipos de papel y cartón de los países y regiones que tiene el peso fundamental de esta producción a nivel mundial, puede explicarse a partir del sostenido desarrollo y acelerada introducción de nuevos soportes y medios de transmisión de información como son los discos magnéticos y las redes de computadoras, que permiten el intercambio de información sin necesidad de este soporte físico. No obstante, este producto continúa siendo indispensable para un gran número de aplicaciones, como la docencia, por lo cual es un renglón que no puede descuidarse en las políticas de desarrollo con un enfoque de suficiencia nacional. El futuro de la industria del papel está en combinar los procesos de reciclaje con los de producción de celulosa de fuentes alternas de celulosa. Para fines de este trabajo no se considera esta alternativa, ya que existen trabajos que incluyen a la caña de azúcar como fuente de celulosa. La producción de papel representa un conflicto para la humanidad, ya que por una parte es imprescindible para su desarrollo, como soporte de información, y por otro, su producción está asociada a la tala de bosques con el consecuente impacto ecológico. Justamente dentro de esta última variante se enmarca la obtención de pulpa y papel a partir de bagazo, la cual constituye una alternativa ecológica de empleo de este residual de la producción de azúcar, cuyas posibilidades se ilustran en la tabla 2.2.4.

Tabla 2.2.2.2 Tipos de pulpa

<b>Tipo de pulpa</b>	<b>Producto</b>
Química	Papel de imprenta y escribir, cartulina, cartón liner ,papel para sacos y envolver
Semiquímica	Papel para sacos y envolver, cartoncillo
Química-mecánica y mecánica	Papel de imprenta y escribir, papel gaceta
Pulpa absorbente	Pañales infantiles desechables, almohadillas sanitarias

Fuente: [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.



## 2.3 PRODUCTOS PARA LA OBTENCIÓN DE ENERGÍA

La biomasa, es decir, la materia vegetal utilizada como fuente de energía, se percibe como una alternativa prometedora para sustituir a las energías fósil y nuclear, contaminantes y con riesgos ambientales.

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento. En este contexto la caña de azúcar es uno de los cultivos que almacena en forma de biomasa la mayor cantidad de la energía disponible en la radiación incidente, al mismo tiempo que dispone de un potencial genético de la cosecha de entre 200 a 300 toneladas por hectárea (ton/ha), muy superior al promedio mundial actual de 60 ton/ha.<sup>28</sup>

En lo que se refiere a consumo de energía, y de acuerdo con la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), en el periodo 1986-1987 la industria azucarera aumentó sus requerimientos energéticos 4.9%, con lo cual alcanzó 10.6% del total del sector industrial. Los principales energéticos que utilizó esta rama fueron el bagazo de caña de azúcar y el combustóleo (en 1986 este consumo equivalió a 13.3% del total del sector industrial) ; la electricidad empleada por este sector fue autogenerada en sus plantas mediante el uso de dicho combustible.<sup>29</sup>

Una de las ventajas de los desechos del sector azucarero es su naturaleza orgánica, su biodegradabilidad y su potencialidad de reutilización, todo en lo cual plantea la necesidad de estudios técnicos que proporcionen elementos de factibilidad para hacer estable su aprovechamiento generalizado por el sector general y los ingenios en particular.

### 2.3.1 GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA

El bagazo es usado actualmente en los ingenios azucareros para la generación de vapor y energía necesaria para operar los equipos de obtención y refinamiento del azúcar, un típico ingenio consume 35 kw.h y 450 kg de vapor por tonelada de azúcar producida. Con los progresos en tecnología, tanto en el secado como en el centrifugado y en general un ingenio eficiente consume alrededor de 30 kw.h y 300 kg de vapor por tonelada de azúcar producida. Según estudios por parte de la FAO el generar electricidad a partir de bagazo secado y molidos de manera eficiente puede tener una rentabilidad aceptable para los países del tercer mundo.

La generación de electricidad a partir de bagazo excedente es sin duda la manera más fácil para la utilización del subproducto (bagazo) para la mayoría de los productores de caña de los países del tercer mundo. Sin embargo, como las condiciones sociales, económicas de cada localidad varían extensivamente la producción de otros productos como tableros aglomerados, papel, furfural o metano

<sup>28</sup> <http://www.imagenagropecuaria.com/articulos.enero2008>.

<sup>29</sup> SEMARNAT, Instituto Nacional de Ecología, <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/> enero 2008



deben de ser considerados como una alternativa dependiendo de las condiciones de cada lugar.<sup>30</sup>

El producir energía eléctrica teniendo como combustible el bagazo de la caña de azúcar ha encontrado éxito en algunas productoras de azúcar en lugares como a Hawái, Australia, y con moderno equipamiento algunas plantas pueden obtener 450 kw.h por tonelada de bagazo seco y molido. El poder calorífico (CV) del bagazo esta dado por la ecuación siguiente:

Net CV = 18 309 - 31.1 S - 207.3 W - 196.1 A (expresado en kJ/kg

Donde:

S = Sólidos solubles del bagazo %

W = Humedad % bagazo.

A = Ceniza % bagazo.

### 2.3.2.-METANO

El gas combustible metano (que se genera de manera espontánea) puede producirse usando residuos naturales tales como cortezas de árboles, caña de azúcar, y material orgánico que se encuentra por doquier.

El biogás es una mezcla de gases que esta compuesta básicamente por:

- Metano (CH<sub>4</sub>): 40 - 70 % vol.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): 30 - 60 % vol.
- Otros gases: 1 - 5 % vol.

Incluyendo:

- Hidrógeno (H<sub>2</sub>): 0 - 1% vol.
- Sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S): 0 - 3 % vol.

Así como cualquier gas puro las propiedades características del biogás dependen de la presión y la temperatura. El valor calorífico del biogás es de aprox. 6 kw.h/m<sup>3</sup> que corresponde aprox. a la mitad de un litro de combustible diesel; el valor calorífico neto depende de la eficiencia de los quemadores o de su aplicación. La utilización de biogás en equipos comerciales requiere de adaptaciones sencillas para quemarlo eficientemente. Por lo general los quemadores diseñados para gas GLP se adaptan realizando diferentes ajustes de aire primario.

El metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son el producto de la fermentación anaerobia de desperdicios celulosos. Teóricamente 1kg de celulosa podría producir 415 litros de metano, pero en la práctica el proceso de obtención de metano es menos eficiente, con una reacción compleja en tres etapas. La cual no siempre es

<sup>30</sup> Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.





muy fácil de controlar. La celulosa es normalmente fácilmente digerida por la bacteria. Sin embargo cuando esta combinada con lignin como es el caso del bagazo, el degradamiento se hace con mayor dificultad. Con esta condición para poder tener un proceso eficiente hay que combinar con el bagazo con otros productos, como es la cachaza.

El metano tiene calor específico de aprox. 22 000 kJ/kg cual es equivalente a 27 500 kJ/m<sup>3</sup>).

1m<sup>3</sup> de biogás sustituye a:

- 0.61 litros de gasolina.
- 0.55 litros de ACPM.
- 0.58 litros de Keroseno.
- 0.5 - 1.5 Kg de leña.
- 0.74 Kg de carbón vegetal.
- 1.43 kw/h de energía eléctrica

## **2.4 – PRODUCTOS A PARTIR DE FERMENTACIÓN.**

Al hablar de fermentación se hace referencia a cuatro tipos de procesos diferentes: el metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno, la producción de metabolitos secundarios, la modificación de compuestos químicos por microorganismos en crecimiento y el crecimiento bacteriano en sí cuando el interés del cultivo es la producción de biomasa.

Los procesos de fermentación son universales; esto es: se encuentran en todo tipo de organismos y, por consiguiente, probablemente represente una de las formas más antiguas de conservación de la energía.<sup>31</sup> La obtención de antibióticos, levaduras, ácido y otros ácidos orgánicos no serán consideradas en este trabajo al ser productos más complejos y requieren de estudios más profundos de bioquímica lo que implicaría mucho tiempo y dinero en investigaciones, el cual implicaría que no sería rentable.

### **2.4.1.-ALCOHOL ETÍLICO**

Otra alternativa de producción muy atractiva a partir de la caña de azúcar es la obtención de alcohol etílico a partir de las mieles finales del proceso de producción de azúcar, debido a la elevada productividad que puede obtenerse en comparación con otros cultivos. Es importante señalar el sostenido crecimiento que está teniendo la producción de alcohol en los países desarrollados como Francia y Estados Unidos, lo cual ratifica la tendencia a depender cada vez menos de los combustibles fósiles y el cambio en la estructura de la demanda de materias primas para la obtención de energía.

<sup>31</sup> Tecnología de la Fermentación, Owen P.Ward. pg 58



México comenzó a jugar con la idea de utilizar etanol de caña de azúcar en 1996 en un programa piloto de producción de etanol en 1998. Según el programa se modificaron tres pequeñas destilerías para producir alcohol anhidro (distribuidas en el ingenio del Carmen, el ingenio la Gloria y el ingenio Sn Nicolas). El interés en etanol combustible proveniente de la caña recibió este impulso por la necesidad de diversificar el sector de la caña de azúcar (a la luz de la situación de azúcar excedentario tanto en los mercados nacionales como internacionales en aquel momento), y por el hecho de que grandes ciudades del país, en particular la capital, sufrían un alto grado de contaminación atmosférica.<sup>32</sup>

El alto costo de los hidrocarburos en especial de la gasolina ha generado la preocupación de algunos países (principalmente, Brasil, Estados Unidos, Francia) lo cuales han buscado alternativas fomentado el uso de etanol para impulsar automóviles.<sup>33</sup>

Sin embargo debido a que las condiciones sociales, económicas, varían de país en país, por lo que el costo del etanol puede ser más o menos caro dependiendo de los subsidios o impuesto que tenga la gasolina. En México el precio de la gasolina tiene impuestos importantes, pero como México no es autosuficiente en su producción de gasolina, para mantener su precio debe subsidiar el gasto de la gasolina cuando los precios del petróleo y otros factores políticos afectan a los presupuestos iniciales.

#### 2.4.2 RON

El ron es un licor alcohólico destilado, obtenido del jugo o de la melaza de la caña de azúcar. Usualmente es un sub-producto de la fabricación del azúcar e incluye a los tipos claros ligeros, típicos de la República Dominicana, Cuba y Puerto Rico, y los rones más pesados y de más sabor como los de Jamaica.

Antes de que puedan ser destilados, el guarapo o la melaza deben ser convertidos en un líquido alcohólico (mosto o "vino de caña") por medio de la fermentación. La fermentación, efectuada por levaduras, convierte el azúcar (sacarosa) en dióxido de carbono y alcohol (alcohol etílico, en este caso).

Primero, se prepara una solución con un contenido aproximado de 15% de azúcar diluyendo la melaza con agua cuya calidad es realmente importante. Sin embargo, es frecuente fermentar el jugo de caña, para el "rhum agricole", sin agregar agua siempre que el contenido natural de azúcar sea bajo.

El Ron es producido generalmente a 76°GL, es diluido con agua y vendido al público a 33 o 40°GL. Una tonelada de melaza podría producir cerca de 230 litros de ron. La producción de ron no se puede tomar como una cuestión industrial al 100 por

<sup>32</sup> Internacional Sugar Organization, Etanol producido a partir de cosechas azucareras; Perspectivas e implicaciones para el mundo mundial del azúcar, Pg 12. 8 / Nov / 2005.

<sup>33</sup> Internacional Sugar Organization, Etanol producido a partir de cosechas azucareras; Perspectivas e implicaciones para el mundo mundial del azúcar, Pg 10. 8 / Nov / 2005.



ciento, ya que aparte de la eficiencia de producción también para poder comerciar este producto se debe de tener de un prestigio de las casas productoras, lo que conllevaría a una estrategia de marketing, un trabajo de muchos años hasta alcanzar un sabor que sea competitivo con las grandes marcas vitivinícolas.<sup>34</sup> Aunque es posible usar las levaduras silvestres presentes en el aire para inducir la fermentación, la mayoría de los productores utilizan cepas mejoradas de levaduras para contribuir a desarrollar las características de los diferentes rones.

La tasa de fermentación puede controlarse por medio de la temperatura y depende enteramente del tipo de líquido fermentado requerido por el destilador. Si se desea un ron ligero, la fermentación puede completarse en tan corto tiempo como 12 horas, aunque la práctica normal es de uno o dos días. La fermentación lenta - que puede tomar hasta 12 días - produce un tipo más pesado, especialmente cuando el mosto inicial se refuerza con los residuos de destilaciones previas (vinaza o 'dunder') y/o las despumaciones ('limings') que se producen en las pailas de producción del azúcar.

### **2.4.3.- ÁCIDO CÍTRICO**

La producción de ácido cítrico ha crecido notablemente en el presente siglo. En 1950, alcanzaba las 50,000 toneladas/año. Posteriormente, se registró una importante expansión debido al desarrollo del proceso de fermentación sumergida, mucho más económico. Actualmente, la capacidad instalada mundial es de 750.000 ton/año, con una producción real de 550.000 ton/año.

El ácido cítrico es un reactivo que se fabrica en más de 20 países. La Unión Europea, Estados Unidos y China reúnen el 88% del total mundial. Recientemente, se observó un aumento importante en la capacidad productiva de Europa Oriental y del Lejano Oriente. China produce proporcionalmente menor volumen de ácido cítrico de alta calidad, es decir, purificado y refinado. Sin embargo, su capacidad de elaboración del producto crudo representa el 24% del total mundial. La Unión Europea incrementó su elaboración ubicándose primera en el ranking mundial debido, fundamentalmente, a su uso como materia prima para la fabricación de detergentes biodegradables. Se estima que la demanda de Estados Unidos, en el último quinquenio, creció según una tasa cercana al 7% anual. Este crecimiento se relaciona con la expansión de la industria de alimentos y bebidas.

### **2.4.4.- ÁCIDO ACÉTICO**

Es un producto muy recurrido para la producción de múltiples aplicaciones a la industria alimenticia y farmacéutica. El proceso más común para la obtención de ácido acético es una fermentación aeróbica sumergida. A partir de 100 litros de alcohol se pueden producir cerca de 950 litros de vinagre con 10% de acidez. El ácido acético encuentra un amplio margen de utilización, para producir anhídrido acético, acetato de celulosa, acetato de vinilo, etc.

<sup>34</sup> Internacional Sugar Organization, Etanol producido a partir de cosechas azucareras; Perspectivas e implicaciones para el mundo mundial del azúcar, Pg 23. 8 / Nov / 2005.



#### **2.4.5.-GLUTAMATO MONOSODICO**

El glutamato monosodico es la sal sodica del ácido glutámico y uno de los productos químicos de amplio uso en la industria alimentaria para acentuar el sabor o como saborizante corriente. El producto tiene apariencia de cristales blancos en forma de aguja o en polvo, con sabor singular semejante al de la carne, que puede percibirse en agua. Se utiliza fundamentalmente como saborizante en la industria alimentaria. Acentúa el sabor de los alimentos, crudos y cocinados en conserva o congelados. Puede aplicarse en medicina y también en otras industrias.

El Glutamato monosodico (MSG) es la sal sódica del aminoácido más abundante en la naturaleza es uno de los más importantes intensificadores de sabor. Este producto tiene una producción mundial de alrededor de 250 000 toneladas/año. Es recurrentemente producido por la fermentación aerobia de melaza, aunque existen algunas rutas sintéticas para su producción, especialmente vía acrílico nitrilo. Industrialmente 4.5 Kg de melaza son requeridas para producir 1 Kg de MSG. Hay aproximadamente alrededor del mundo 30 compañías productoras de MSG con una capacidad instalada de aproximadamente 325 000 toneladas/ año. El mayor productor es Japón, Corea, Taiwán, China y Estados Unidos.<sup>35</sup>

#### **2.4.6.- BUTANOL ACETONA**

La producción de acetona-butanol vía fermentación tuvo su éxito en la guerra mundial, a causa de la escasez de petróleo. En la Primera Guerra Mundial, Alemania y Gran Bretaña buscaron métodos para sintetizar acetona y glicerina. Ambos países pusieron su atención en bacterias, con gran éxito. Pero la industria petroquímica fue repuesta en su papel de suministradora de materias primas en tiempos de paz.

Su proceso se parece al de la obtención de alcohol, sólo que las cantidades de acetona y butanol rendidas son muy variables. Además, la bacteria es insólitamente sensible a las condiciones del medio y no tolera concentraciones de sus desechos superiores al 2-3%. Modificaciones ensayadas han aumentado la eficacia del proceso en un 200%, otorgándole esperanzas de rentabilidad.

En estos tiempos de paz tal parece que no hay problemas de abasto de hidrocarburos, pero sería interesante saber en este tiempo en donde los precios del petróleo son muy altos y en qué punto el producir Acetona-Butanol a partir de fermentaciones sería rentable y qué impacto tendría el tener una alternativa diferente a la utilización de hidrocarburos.

<sup>35</sup> Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. <http://www.FAO.org>. 4/ Julio /2005.



### 2.4.7.- FURFURAL

El furfural o 2 furaldehido aunque no sea un producto de consumo humano directo, se coloca en esta categoría ya que su aplicación industrial no es como fuente de energía, sino como un solvente selectivo. El uso del furfural como materia prima para obtener alcohol furfurico es una alternativa muy interesante, si se considera los usos de estos productos en la industria de los hidrocarburos.

Pero hay que tener en cuenta que a países como Sudáfrica y la Filipinas, el mantener la producción del furfural les ha sido un poco difícil porque no tienen mercado para colocar este producto.

En la tabla 2.4.7 se dan las consideraciones más importantes sobre los requerimientos de la producción de furfural.

<b>Tabla 2.4.7</b>			
<b>Furfural de bagazo (Base 1 tonelada furfural)</b>			
<b>Consumo</b>		<b>Producción</b>	
<b>Bagazo</b>	<b>12.5 toneladas</b>	<b>Furfural (99%)</b>	<b>1 tonelada</b>
<b>Vapor</b>	<b>35.0 toneladas</b>	<b>Ácido acético</b>	<b>550 kg</b>
<b>Agua</b>	<b>70.0 toneladas</b>	<b>Residuo de la hidrólisis</b>	<b>6.75 toneladas</b>
<b>Energía</b>	<b>875 kWh</b>		
		<b>Este residuo contiene 63% humedad y un poder calorífico de 5 442 kJ/kg)</b>	
<b>Mano de obra</b>	<b>216 horas hombre diarias</b>		
<b>Mantenimiento</b>	<b>10% de costo de producción</b>	<b>vapor secundario (125°C )</b>	<b>7.5 toneladas</b>
<b>Gastos generales</b>	<b>10% de costo producción</b>		
<b>Depreciación</b>	<b>10% anualmente</b>		
<b>Marketing</b>			

Fuente: Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in agroindustries, J.M. Paturau.  
Http://www.FAO.org. 4/ Julio /2005



---

# **CAPÍTULO 3**

# **ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**



### 3.1 MERCADO MUNDIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En la presente década la producción mundial de caña de azúcar se ha incrementado en un 5.2% con respecto al año 1999. El cambio más significativo a lo largo del período ha sido el crecimiento de Brasil como productor y exportador; este país representa el 29 % del incremento en la producción mundial y el 75 % de las exportaciones, su participación se ha incrementado del 26%(Año 1999) al 29%(Año 2003). Este cambio ha sido a expensas de los mayores países exportadores: Unión Europea, India y China, los cuales en total han decrecido en un 10% en su participación en el mercado mundial.

**Tabla 3.1**

Producción de Caña de Azúcar (Miles. De Ton.)							
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Brasil	333,848	327,705	345,942	363,721	386,232	416,256	422,926
China	78,108	69,299	77,966	92,203	92,370	90,979	87,768
India	295,730	299,230	295,956	297,208	289,630	236,180	232,300
Pakistán	55,191	46,333	43,606	48,042	52,056	53,419	47,244
Tailandia	52,813	49,563	60,013	74,258	64,408	64,974	43,665
México	46,880	44,100	47,250	45,635	45,127	48,373	45,195
Perú	6,900	7,750	8,000	9,100	9,550	9,680	6,304
Otros	397,759	401,627	395,827	408,002	393,880	285,040	265,633
<b>Total</b>	<b>1,267,229</b>	<b>1,245,607</b>	<b>1,274,560</b>	<b>1,338,169</b>	<b>1,333,253</b>	<b>1,204,901</b>	<b>1,151,035</b>

Fuente: FAO Sitio de Internet: [www.fao.org](http://www.fao.org) Junio 2007 .Nota: La actualización de los datos para el año en curso se atrasa cada dos años para reportarla, esta sería la más reciente información de la producción de caña de azúcar.

#### PRODUCCIÓN MUNDIAL DE CAÑA DE AZÚCAR

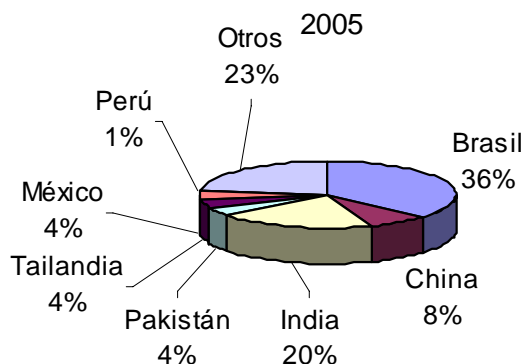


Figura 3.1 Producción mundial de la caña de azúcar

En la Figura 3.1 se observa que Brasil es el país con la agroindustria de caña de azúcar más importante. El éxito de Brasil se basa en diferentes aspectos, que van desde legales y sociales hasta tecnológicos, pero sin duda un punto importante que



permitió un desarrollo sustentable fue el hecho de que el país no centró su análisis en el azúcar, sino en la caña de azúcar y su potencial energético; sabiendo que la caña de azúcar es una materia prima con características especiales: es la única materia prima (para la producción de azúcar) que produce su propio combustible (energía), apoyando el proceso industrial.<sup>36</sup>

Algunas de las medidas que tomó el gobierno brasileño para tener una industria azucarera competitiva fueron:

- Normas para expandir la producción de caña
- Protección arancelaria o limitación de la importación
- Transferencias vía precios del alcohol o líneas de créditos
- Financiamientos con subsidios de 5200 millones de dólares
- Precio del alcohol superior al de la gasolina que reemplazaba

### 3.1.1 MERCADO INTERNACIONAL DE AZÚCAR

En 2005, algunos países productores registraron fuertes pérdidas en sus cosechas y otros mostraron una gran expansión en su consumo, situación que los obligó a recurrir al mercado exterior para abastecer la demanda doméstica. De esta manera, el intercambio comercial ha mantenido un ritmo constante y tiende a superar este año 47.7 millones de toneladas, un incremento anual de 3%. El ajuste más significativo en términos de producción se ha registrado en Tailandia, país que desde 2004, enfrenta serios problemas de sequía en las principales zonas productoras.

Para el año 2006, la correduría londinense *ED&FMAN* estimó recientemente la producción mundial de azúcar estándar en 147 millones de toneladas, 3% más que el año anterior como resultado de la mayor cosecha en India. Sin embargo, la firma destaca que no será suficiente para cubrir un consumo de 150 millones de toneladas, el cual representa un aumento anual de 2%. Por tercer año consecutivo, se tendrá un déficit mundial que, esta vez, podría alcanzar 2 millones de toneladas. Las previsiones del departamento de agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) son similares.

La cosecha de Tailandia registró una caída de 17% para colocarse en 4.3 millones de toneladas, lo cual impactó la ya reducida oferta exportable, cuya cifra se estima en 2.7 millones de toneladas, muy por debajo de los 3.62 millones exportados en 2004/05 y los 4.9 millones del año 2003/04. Estados Unidos también ha modificado el balance mundial de azúcar, después de enfrentar los daños ocasionados por el huracán Katrina, situación que obligó al gobierno a incrementar las cuotas de importación. De acuerdo a las estadísticas del departamento de agricultura de Estados Unidos, las importaciones norteamericanas ascenderán a 3.165 millones de toneladas este año, de las cuales 2.46 millones estarán registradas en el sistema de cuotas. En 2004/05, las importaciones estadounidenses fueron de 2.1 millones de toneladas.

<sup>36</sup> <http://Energía en México.com/11/08/2006>





India, China y Pakistán protagonizan el crecimiento de azúcar, esto ha favorecido el comercio de los países exportadores, principalmente Brasil y la Unión Europea. Si bien la producción de India aumentó 23% a más de 18.4 millones de toneladas, su consumo tiende a superar 19.8 millones de toneladas. Esta última cifra indica un incremento de 5% en los últimos dos años, por lo que sus importaciones se han mantenido en un rango de uno a dos millones de toneladas en el mismo periodo. Cabe destacar que hasta el año 2003/04, las compras de India eran de apenas 500,000 toneladas. El consumo de China ha crecido gradualmente para pasar de 9.35 millones de toneladas en 2001 a 11.7 millones estimados en 2005/06. Por lo tanto, sus importaciones han cobrado especial relevancia en el mercado internacional, proyectándose en 1.3 millones de toneladas este año. Esto a pesar de que su producción aumentó 6% a 10.5 millones de toneladas.

Desde 2004, la producción de Pakistán también se ha reducido de manera significativa, promediando 2.9 millones de toneladas, contra los 4.04 millones registrados en 2003. Después de haber mantenido por varios años una oferta suficiente para cubrir un consumo promedio de 3.6 millones de toneladas, el país ha tenido que convertirse en un importador neto de más de 800,000 toneladas. Por el lado de los exportadores, la producción de caña de azúcar en Brasil se ha intensificado no sólo para cubrir la demanda de los países importadores, sino para la fabricación de combustibles alternativos como el etanol. Si bien la tendencia productiva de caña de azúcar en el país sudamericano ha ido en ascenso durante los últimos cinco años, su consumo ha crecido casi en la misma proporción, ya que se ha destinado la mitad de la cosecha anual a la producción de etanol.

Actualmente el consumo mundial de azúcar ronda los 145 millones de toneladas, la producción es por 147 millones de toneladas, lo que arroja inventarios anuales por alrededor de 2 millones de toneladas. Brasil es el principal productor de azúcar (19.1%); EEUU es el cuarto (5.2%) y México el sexto (3.8%). EEUU muestra un déficit anual de aproximadamente 1.5 millones de toneladas de azúcar, que reparte en cuotas preferenciales con 40 países del mundo. México en 2005 logró ventas máximas de 250 mil toneladas. Sin embargo, con el TLCAN, a partir del 2008 pudieran incrementarse hasta 619 mil toneladas.<sup>37</sup>

Para que México sea competitivo en el Plano Internacional para satisfacer su demanda de la caña de azúcar ha dispuesto de las siguientes acciones para lograr un incremento de 2.3% cada año en la producción de caña de azúcar, llegando a una marca histórica de 54.2 millones de toneladas a través de:<sup>38</sup>

Agricultura de precisión, fertilización oportuna.

- Convertir de temporal a riego 76 mil hectáreas.
- Renovación del campo en proporción de variedades del 30% tempranas y tardías, dando un 40% a variedades medias.
- Compactación de superficies para producir en unidades de 30 a 50 hectáreas, con homologación de cosechas por equilibrio en la madurez de variedades.
- Un incremento gradual y ordenado de 25,946 hectáreas a la superficie industrializable y mecanizable para llegar a las 690 mil hectáreas.

<sup>37</sup> Mercado internacional de azúcar, dirección general de operaciones financieras, dirección de estudios de análisis de mercados SAGARPA.

<sup>38</sup> SAGARPA, Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-20012



- Un mejor conocimiento de la plantación cañera mediante la investigación del genoma de la caña y sus posibles aplicaciones.

Imprimir un ritmo de 3.3% anual, para lograr una producción de azúcar de 6.24 millones de toneladas mediante:

- El aumento en la molienda de caña, la optimización del periodo de zafra y la modernización de la planta industrial.
- El incremento en recuperación de sacarosa, elevando la eficiencia real de fábrica en promedios de 83.94%.
- Con una producción en caña molida de 13.7%, recuperación de azúcar de 11.5% y disminuyendo pérdidas de sacarosa al 2.2%.

### 3.2 MERCADO NACIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La producción de azúcar se registra en 15 estados del país. La agroindustria de la caña de azúcar tiene un efecto socioeconómico en 12 millones de personas. Actualmente el consumo nacional aparente es de 4.8 millones de toneladas anuales (promedio 2001- 2006), con un consumo per capita de 47.9 kg/año, lo cual nos otorga el sexto lugar a nivel mundial. El valor generado en la producción de azúcar es por más de 3 mil millones de dólares anuales y el 57% se distribuye entre los 164 mil productores de caña.<sup>39</sup> Esta actividad representa el 11.6% del valor del sector primario y el 2.5 del PIB manufacturero. Genera más de 450 mil empleos directos y beneficios directos a más de 2.2 millones de personas.

**Tabla 3.2**  
**PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO EN (TONELADAS)**

Estado	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006/2007
Veracruz	17,090,124	17,078,314	17,254,324	18,241,124	18,299,846	19,852,453	19,089,161
Jalisco	5,025,039	5,228,797	5,210,008	5,558,024	5,862,253	6,013,712	5,931,530
S.L.P.	3,138,395	3,449,662	3,201,054	3,235,146	3,105,015	3,381,793	2,483,435
Oaxaca	2,358,050	2,274,871	2,442,693	3,198,108	3,536,012	3,830,625	2,755,239
Chiapas	2,041,984	2,342,209	2,576,645	2,247,020	2,431,103	2,634,364	2,432,925
Otros	12,719,799	15,126,709	14,950,604	15,004,562	15,428,014	15,932,597	1,643,295
<b>TOTAL</b>	<b>42,373,391</b>	<b>45,500,562</b>	<b>45,635,328</b>	<b>47,483,984</b>	<b>48,662,243</b>	<b>51,645,544</b>	<b>49,124,585</b>

**Fuente:** Para 2000 y 2001 SAGARPA .Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON) De 2002 a 2004: Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos mexicanos Para 2005: SAGARPA SIAP. Para: 2006/2007 Estimación de la producción de caña de azúcar 2006/200. SIAP, con datos de la agroindustria azucarera.

<sup>39</sup> www. Cañeros.org.mx, Agosto 2007.



**DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO**

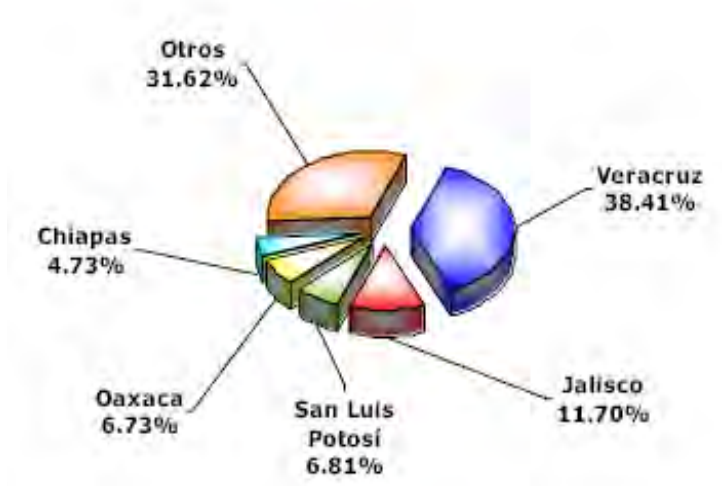


Figura 3.2 Distribución de caña de azúcar en México

Actualmente en México operan 58 ingenios azucareros. La Unión Nacional de Cañeros participa con el 43% de la producción total de caña. La participación de producción de caña de azúcar en el PIB nacional es de .05%. Veracruz cuenta con el mas alto porcentaje de producción de caña porque ahí se encuentran la mayoría de de los ingenios azucareros.

Tabla 3.2.1

VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO VALOR (MILES DE PESOS)						
Estado	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Veracruz	4,003,605	4,876,440	5,015,223	5,469,355	5,829,191	7,058,153
Jalisco	1,382,474	1,589,441	1,626,902	1,843,513	2,042,225	2,412,954
S.L.P.	944,080	1,039,691	1,061,184	1,078,663	1,085,702	1,353,866
Oaxaca	626,450	680,721	846,958	1,030,217	1,141,889	1,246,062
Chiapas	496,206	613,634	718,220	657,656	737,714	865,066
Otros	3,368,463	4,363,306	4,402,946	4,819,653	5,152,015	5,827,811
<b>TOTAL</b>	<b>10,821,278</b>	<b>13,163,233</b>	<b>13,671,433</b>	<b>14,899,057</b>	<b>15,988,736</b>	<b>18,763,912</b>

Fuente: Para 2000 y 2001 SAGARPA .Sistema de información Agropecuaria de consulta (SIACON De 2002 a 2004: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos Para 2005: SAGARPA SIAP.

El cultivo de la caña se tiene en una superficie de 680 mil hectáreas a nivel nacional el rendimiento por hectárea en campo fue de 11.4% durante la zafra 2004/2005. A continuación se muestran los estados que participan con mayor porcentaje y de los cuales obtienen mayor superficie cosechada.



Tabla 3.2.2

<b>SUPERFICIE COSECHADA DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO</b>							
<b>(Hectáreas)</b>							
<b>Estado</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006/2007</b>
Veracruz	250,830	235,919	245,576	252,280	253,762	262,395	245,557
Jalisco	63,537	65,145	62,950	63,262	64,441	64,205	97,193
S.L.P.	68,772	52,416	53,188	55,170	49,964	52,755	24,748
Oaxaca	36,114	45,835	45,789	48,366	54,192	56,365	37,915
Tamaulipas	24,808	43,855	44,438	41,497	43,645	46,229	32,415
Otros	174,221	180,569	180,274	183,822	185,907	187,832	240,824
<b>TOTAL</b>	<b>618,282</b>	<b>623,739</b>	<b>632,215</b>	<b>644,397</b>	<b>651,911</b>	<b>669,781</b>	<b>678,652</b>

**Fuente:** Para 2000 y 2001 SAGARPA .Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON) De 2002 a 2004: Anuario estadístico de la producción agrícola de los estados unidos mexicanos Para 2005: SAGARPA SIAP. Para: 2006/2007 Estimación de la producción de caña de azúcar 2006/2007. SIAP, con datos de La agroindustria azucarera Nota: Los datos 2006/2007 solo son cifras estimadas ya que las verdaderas cifras se publican para el próximo año, las publicaciones se retrasan cada 2 años

Para Carlos Blackaller Ayala, presidente de la Unión Nacional de Cañeros (UNC) y diputado federal, la diversificación de productos finales procedentes de la caña de azúcar, es hoy en día la única oportunidad que los cañeros de México tienen para lograr dar un valor agregado a su cultivo. Y es que, por sus características, la caña de azúcar esta dentro de un mercado en el que hay un producto para un sólo mercado, «el productor de caña la siembra porque cerca hay un ingenio que se la va ha comprar y el ingenio se instaló ahí por que ahí se puede sembrar caña y va ha encontrar materia prima». Es por esta razón, que a diferencia de otras actividades, el cañero no puede agregar valor a su producto ya que el único plus que le da es cortarla subirla a un camión y llevarlo al ingenio.

Así pues, hoy en día la diversificación resulta la única oportunidad que tienen los cañeros para lograr dar un valor agregado que pueda otorgar un aumento en el precio de sus productos, pues cada vez es más precaria su situación, y ahora además se enfrentan a la derogación del decreto cañero, el cada vez menor margen de ganancia, y la apertura comercial del 2008. En la tabla 3.2.4 se muestra a los estados que aportan con caña molida.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> www.lapalabra.com, por Fernando Reyes Pantoja. Agosto 2007



**Tabla 3.2.3**  
**CAÑA MOLIDA POR ENTIDAD FEDERATIVA**  
**(TONELADAS)**

	2002/2003	2003/2004	2004/2005
<b>Estado</b>			
Veracruz	16,828,349	17,657,647	20,509,345
Jalisco	5,457,902	5,544,856	5,854,581
S.L.P.	3,599,644	3,591,036	4,855,599
Oaxaca	2,295,668	2,472,414	2,791,599
Chiapas	2,365,351	2,291,328	2,336,707
Otros	13,401,324	13,898,969	14,544,811
<b>TOTAL</b>	<b>43,948,238</b>	<b>45,456,250</b>	<b>50,892,642</b>

Fuente: Para 2000 y 2001 SAGARPA .Sistema de información Agropecuaria de consulta (SIACON)  
De 2002 a 2004: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

Al analizar la tabla 3.2.4 nos damos cuenta que Nayarit y Puebla tienen el porcentaje de rendimiento de producción de azúcar con 12.8% y 12.6% lo cual está por encima de Veracruz, siendo Veracruz el estado de la República Mexicana que tiene más ingenios azucareros.

Tabla 3.2.4

<b>PROCESO DE OBTENCIÓN DE AZÚCAR.</b>			
<b>RENDIMIENTO ( % )</b>			
	2002/2003	2003/2004	2004/2005
<b>Estado</b>			
Veracruz	11.1	11.0	11.2
Jalisco	11.9	11.8	12.0
S.L.P.	11.1	10.8	11.5
Nayarit	12.6	12.0	12.8
Puebla	12.3	12.3	12.6
Otros	10.8	10.0	10.9
<b>TOTAL</b>	<b>11.2</b>	<b>11.1</b>	<b>11.4</b>

Fuente: Para 2000 y 2001 SAGARPA .Sistema de información Agropecuaria de consulta (SIACON)  
De 2002 a 2004: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos



### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La metodología original planteada para el desarrollo del presente capítulo, consistía en realizar un análisis de consumo aparente de los subproductos de la caña de azúcar de los cuales México tiene mayor representación a nivel nacional por su importación y su exportación, y obtener su consumo aparente y capacidad instalada y por lo tanto realizar un comparativo de cada uno de ellos y así lograr seleccionar a uno o varios para seguir con el análisis técnico, pero en la búsqueda de la información y acudiendo a las instancias en las que se pudiera encontrar dicha información (BANCOMEX, ANIQ, INEGI, Secretaria de Economía, entre otras) sólo fue encontrada la de importación y exportación, por lo que se resolvió trabajar con estos datos como referente para plantear tres escenarios en donde se vean involucrados todos los participantes de la agroindustria de la caña de azúcar.

**Tabla 3.3.1**  
**TABLA GENERAL DE IMPORTACIONES**

AÑO	2002	2003	2004	2005	2006
	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
Ácido Cítrico	5,333	684,741	841,477	1,179,659	471,017
Ácido Acético	191,471,657	289,502,702	339,889,331	325,641,298	214,354,589
Glutamato MS	5,372,346	4,799,331	7,573,275	7,037,199	4,835,055
Cetona	58,357,919	95,739,998	102,685,358	101,361,391	65,716,322
Butanol	555,703	552,017	870,564	552,017	555,703
Etanol	59,254,823	113,460,723	144,807,812	167,028,359	131,980,959

FUENTE: Creación propia con datos del Banco de México

El ácido cítrico presenta una importación baja en el año 2002 con tan solo 5333kg de ácido cítrico para el año 2005 la importación aumenta a 1179659 kg de ácido cítrico lo que significa que este producto podría ser una posible área de oportunidad para producirlo, es por ello que la producción de ácido cítrico ha crecido notablemente en el presente siglo.

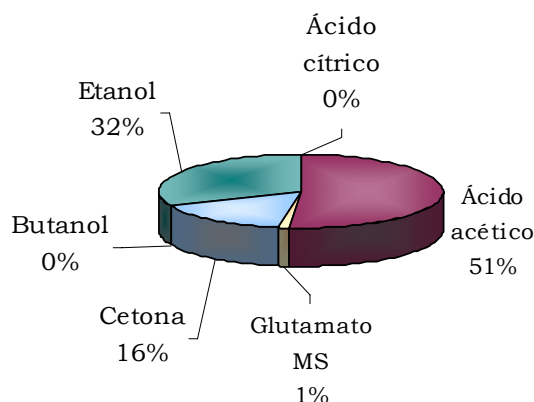
Actualmente, la capacidad instalada mundial de ácido cítrico es de 750.000 tn/año, con una producción real de 550,000 ton/año. El ácido cítrico es un aditivo que se fabrica en más de 20 países. La Unión Europea, Estados Unidos y China reúnen el 88% del total mundial. Recientemente, se observó un aumento importante en la capacidad productiva de Europa Oriental y del Lejano Oriente, particularmente en China. China produce proporcionalmente menor volumen de ácido cítrico de alta calidad, es decir, purificado y refinado. Sin embargo, su capacidad de elaboración del producto crudo representa el 24% del total mundial. La Unión Europea incrementó su elaboración ubicándose primera en el ranking mundial debido, fundamentalmente, a su uso como materia prima para la fabricación de detergentes



biodegradables. Se estima que la demanda de Estados Unidos, en el último quinquenio, creció según una tasa cercana al 7% anual. Este crecimiento se relaciona con la expansión de la industria de alimentos y bebidas.<sup>41</sup>

La expansión de la demanda mundial de ácido cítrico se debe, fundamentalmente, a su utilización como aditivo en la industria de alimentos y bebidas. Por ejemplo, en Estados Unidos este sector demanda el 72% del total. El consumo de ácido cítrico en el mundo crece a razón de 5-8% anual y la tendencia parece mantenerse estable.<sup>42</sup>

Figura 3.3.1  
**IMPORTACIONES DE LOS SUBPRODUCTOS DEL AÑO 2006**



FUENTE: Creación propia con datos del Banco de México

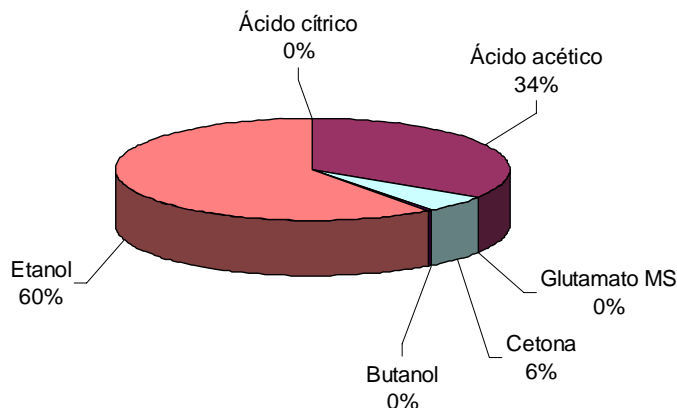
El ácido cítrico presenta una exportación baja lo que significa que este producto podría ser una posible área de oportunidad para producir y exportar. El glutamato monosódico representa otra área de oportunidad ya que el consumo de esta sustancia se aplica a la industria alimentaria, el etanol tiene mucho auge mundial y en México existe mucho interés para producirlo por lo cual se debería tomar en cuenta.

<sup>41</sup> [www.infomed.sld.cu/revistas/far/vol\\_34\\_3\\_00/](http://www.infomed.sld.cu/revistas/far/vol_34_3_00/)

<sup>42</sup> <http://www.foodproductdesign.com/archive/1993/0593DE.html&prev=/>



**Figura 3.3.2**  
**EXPORTACIONES DE LOS SUBPRODUCTOS DEL AÑO 2006**



Si analizamos los porcentajes de las importaciones y exportaciones del año 2006 de cada uno de los subproductos obtendremos algún o algunos para realizar mas adelante un análisis técnico.

**TABLA 3.3.3 DE PORCENTAJES DE IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN EN EL AÑO 2006**

	Importaciones %	Exportaciones %	Observaciones
Ácido Cítrico	0	0	Representa una área de oportunidad ya que tiene muchas aplicaciones en el área alimenticia, farmacéutica, industrial, etc.
Ácido Acético	51	34	Aunque representa un área importante de mercado su limitante es que la mayoría de las aplicaciones es muy limitada y solo se consume industrialmente.
Glutamato MS	1	0	Su principal aplicación es principalmente en la industria alimentaria, y es por ello que representa un área de oportunidad.
Cetona	16	6	Aunque representa significativamente un área de oportunidad la mayoría de la producción es de PEMEX la cual representaría un problema además de que tiene muy limitadas aplicaciones.
Butanol	0	0	Este producto es un tanto difícil ya que el área de mercado es muy reducida.
Etanol	32	60	Es uno de los que representan una gran oportunidad por la apertura que se ha dado en los últimos años ya que el gobierno desea impulsar su producción para exportación.

FUENTE: Creación propia con datos del Banco de México años 2006





### 3.4 PLANTEAMIENTOS DE ESCENARIOS

Uno de los procedimientos actuales de valoración, análisis y pronóstico de las tendencias de comportamiento económico, es la presentación de escenarios alternativos, lo que permite mostrar de forma sencilla diversas alternativas. En el caso de la agroindustria azucarera, dada la diversidad de esquemas tecnológicos factibles en dependencia de la estructura de resultados productivos deseados y las diversas formas de obtención de energía renovable, se mostraran tres posibles escenarios en donde se ven involucrados los sectores más interesados en el desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar.

Para poder armar los escenarios posibles, se consideran los puntos de vista de los principales protagonistas interesados en el desarrollo de la caña de azúcar por su interés. En la tabla 3.4 se muestran los principales sectores interesados en el desarrollo de la agroindustria de la caña de azúcar.

**TABLA 3.4 SECTORES INVOLUCRADOS EN LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

SECTOR	PRINCIPAL INTERÉS	PRINCIPAL PROBLEMA
Gobierno	Mantener las fuentes de empleo Captación de divisas	No poder colocar en el mercado norteamericano los excedentes
Industriales	Mejor precio Optimizar sus procesos	Alto riesgo en la inversión para el mejoramiento de procesos
Nuevos inversionistas	Ingresar al mercado de los biocombustibles	Incertidumbre sobre el abastecimiento de materia prima tanto en sus costos como en cantidad
Productores de Caña	Mayor utilidad	Altos costos de producción

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

Ya que están identificados los intereses de los protagonistas se proponen tres escenarios.



ESCENARIO	CONCEPTO	COMERCIALIZACIÓN
Escenario 1. PROGRAMA NACIONAL DE LA INDUSTRIA AZUCARERA	Continuar con la agroindustria del caña de azúcar en las mismas condiciones centralizada su producción en la azúcar	-Satisfacer la demanda nacional de azúcar. -Exportar los excedentes
Escenario 2 INTEGACIÓN DE ETANOL COMO BIOCOMBUSTIBLE	Fortalecer la agroindustria de la caña de azúcar, al invertir en la producción de etanol a partir de la melaza de la caña de azúcar, aprovechando toda su potencia.	-Satisfacer la demanda nacional de azúcar. -Comercializar el etanol en el mercado nacional para ser mezclado con gasolina
Escenario 3 DIVERSIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	Abrir la agroindustria de la caña de azúcar a la producción de múltiples productos.	-Comerciar los productos de la caña de azúcar en el mercado nacional para disminuir las importaciones. -Competir en el mercado internacional de productos obtenidos por la fermentación de sacarosa

### 3.4.1 ESCENARIO 1. PROGRAMA NACIONAL DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

En nuestro país la Agroindustria de la Caña de Azúcar únicamente esta centralizada a la producción de azúcar. La cual se destina principalmente a la producción de bebidas (refrescos, jugos, néctares) y al consumo a granel como se muestra en la tabla 3.4.1.

Tabla 3.4.1  
El azúcar se a aprovecha de la siguiente forma

INDUSTRIA	PORCENTAJE
Bebidas (refrescos, jugos, néctares)	36.4%
Panadería, pastelería, galletería	8.0%
Dulcería, chocolatería y confitería	9.6%
Conservas, enlatados y otras industrias	4.5%
Consumo directo en mesa	37.1%
Productos lácteos	4.4%

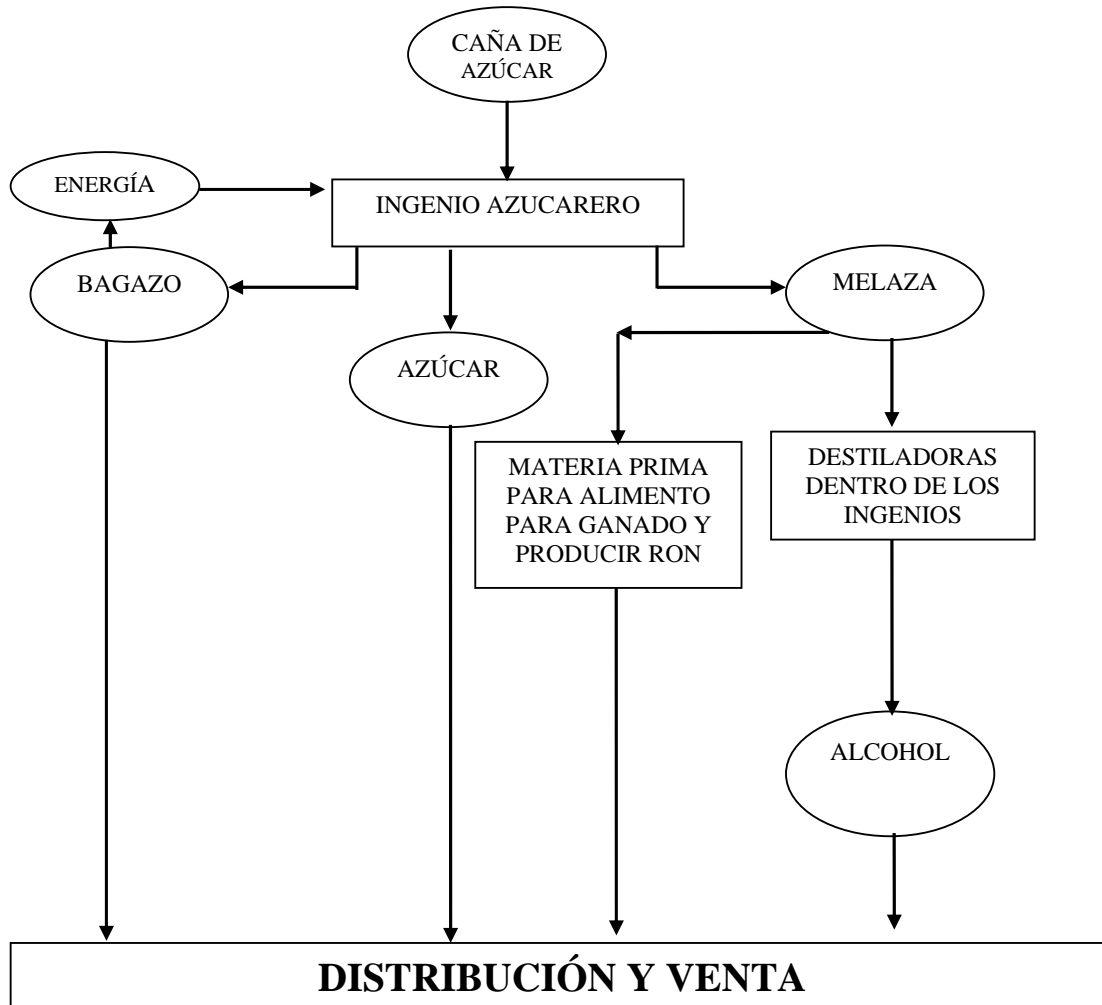
Fuente Programa Nacional de la Agroindustria



de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

La figura 3.4.1 muestra la cadena económica que actualmente esta llevando la Agroindustria de la Caña de Azúcar donde el potencial de oportunidad que se tiene se obtiene en el ingenio azúcar, melaza y bagazo. Sin aprovechar las vinazas que en el mejor de los casos se usan como fertilizante.

FIGURA 3.4.1 Cadena económica de la Agroindustria de la Caña de Azúcar



Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

Las autoridades federales contemplan fortalecer la agroindustria de la caña de azúcar para ser autosuficientes en producción de azúcar. En el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar (PRONAC) se contempla la meta para el sector cañero. En un proyecto (PRONAC) hacia el año 2012 consiste en lograr la reconversión de 76 mil hectáreas de temporal a riego e incorporar 26 millones de Hectáreas a la superficie industrializada para así llegar a la cifra histórica de producir 54 millones de toneladas de caña de azúcar e incrementar en un millón la producción de azúcar hasta alcanzar los 6.24 millones de toneladas.



En la tabla 3.4.2 se muestra el comportamiento pronosticado por las autoridades para la Agroindustria del la Caña de Azúcar.

Tabla 3.4.2 Comportamiento Pronosticado por la Agroindustria de la Caña de Azúcar

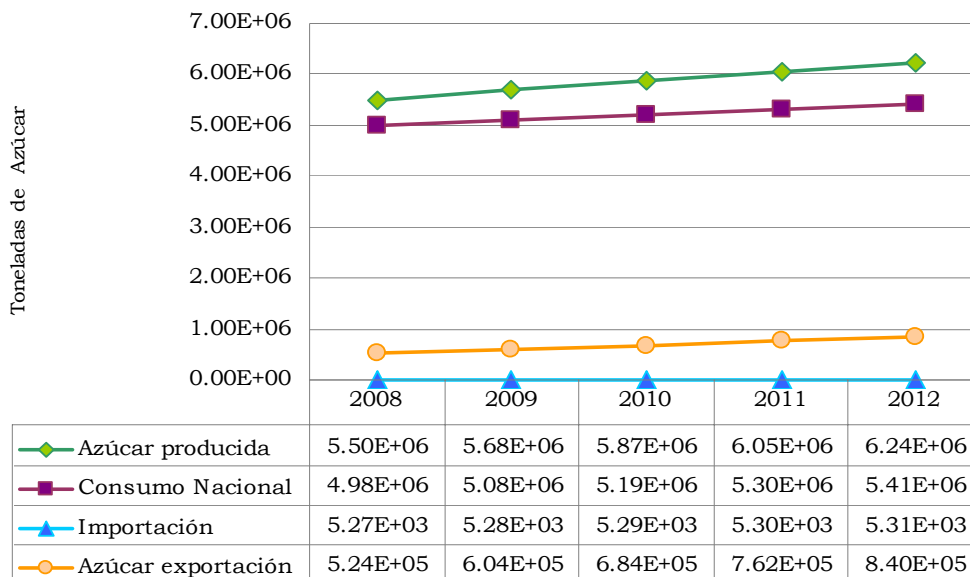
	UNIDAD	2008	2009	2010	2011	2012
Caña cosechada	Ton	47,616,045	47,779,701	47,943,920	48,108,703	48,274,053
Rendimiento de sacarosa	%	11.55%	11.90%	12.24%	12.58%	12.93%
Azúcar producida	Ton	5.50E+06	5.68E+06	5.87E+06	6.05E+06	6.24E+06
Consumo Nacional	Ton	4.98E+06	5.08E+06	5.19E+06	5.30E+06	5.41E+06
Azúcar Importación	Ton	5.27E+03	5.28E+03	5.29E+03	5.30E+03	5.31E+03
Azúcar Exportación	Ton	5.24E+05	6.04E+05	6.84E+05	7.62E+05	8.40E+05
Porcentaje Azúcar para exportación	%	10%	11%	12%	13%	13%

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

En la figura 3.4.2 se muestra gráficamente que la estrategia del escenario 1 es el optimizar los procesos de producción y comercialización para satisfacer la demanda nacional de azúcar e intentar competir en el mercado extranjero, principalmente el de América del Norte. Como se puede observar en la figura 3.4.2 México es autosuficiente en lo que se refiere a la producción de azúcar, sin embargo se observan pequeñas importaciones las cuales funcionan como un regulador en el precio de venta a nivel nacional.

Figura 3.4.2 Comportamiento Azúcar en México 2008 - 2012

**COMPORTAMIENTO PRONOSTICADO AZÚCAR**





El azúcar al ser un producto que no tiene un precio fijo, sino que se rige por la ley de la oferta y demanda, donde las especulaciones en el precio, y los factores ambientales, sociales influyen en el precio de está, la Asociación Internacional del Azúcar (ISO por sus siglas en ingles) pronostica para los principales mercados (incluido México) los precios que el azúcar y el etanol pueden alcanzar a futuro con sus precios más altos. La ISO reporta también los costos promedio de producción de azúcar y etanol. Para el análisis del potencial económico que tendría el azúcar frente a los productos y subproductos derivados de la caña de azúcar, se consideran los precios más altos y más bajos que la ISO pronostica que el mercado mexicano obtendría en los años del 2008-2012. Como parte medular de este escenario se considera exportar los excedentes de la producción de azúcar.

En la tabla 3.4.3 se muestran las utilidades pronosticadas por la exportación del azúcar al mayor y menor precio pronosticado por la ISO, así como los costos promedio que tiene México y finalmente el porcentaje de la producción de azúcar que se destinaría a la exportación.

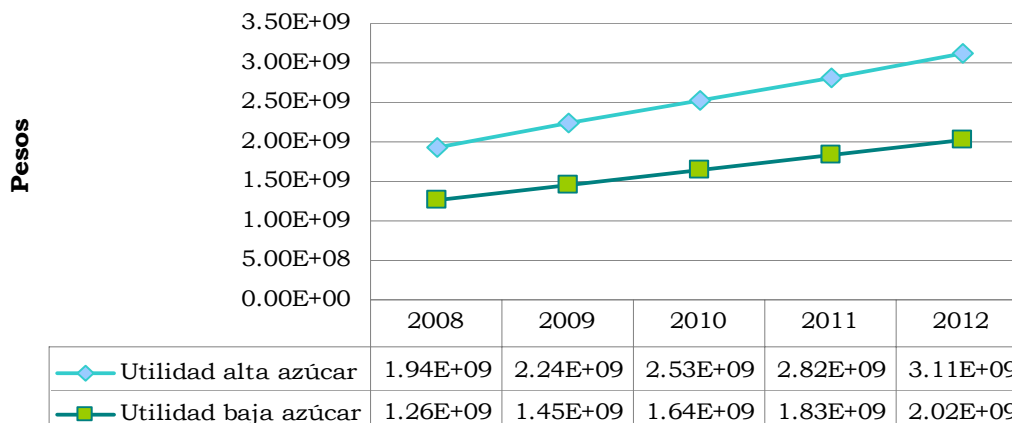
Tabla 3.4.3 Cálculo de las utilidades de las exportaciones de azúcar (2008-2012).

	Unidad	2008	2009	2010	2011	2012
Azúcar exportación	Ton	5.24E+05	6.04E+05	6.84E+05	7.62E+05	8.40E+05
Precio mas bajo	Pesos/ton	\$4,400	\$4,400	\$4,400	\$4,400	\$4,400
Precio más alto	Pesos/ton	\$5,700	\$5,700	\$5,700	\$5,700	\$5,700
Venta azúcar más bajo	Pesos	2.30E+09	2.66E+09	3.01E+09	3.35E+09	3.70E+09
Venta azúcar más alto	Pesos	2.99E+09	3.44E+09	3.90E+09	4.35E+09	4.79E+09
Costo de producción	Pesos/ton	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03	2.00E+03
Costo total de producción	Pesos	1.05E+09	1.21E+09	1.37E+09	1.52E+09	1.68E+09
Utilidad alta azúcar	Pesos	1.94E+09	2.24E+09	2.53E+09	2.82E+09	3.11E+09
Utilidad baja azúcar	Pesos	1.26E+09	1.45E+09	1.64E+09	1.83E+09	2.02E+09

Fuente: Creación propia con datos de la ISO

Figura 3.4.3 Utilidades pronosticadas año 2008-2012

**UTILIDADES DE LA EXPORTACIÓN DE AZÚCAR**





En el escenario 1 se puede ver que con una optimización en los procesos de producción y comercialización se podrían tener más utilidades por la exportación de azúcar. Sin embargo en los últimos años México no ha podido colocar en el mercado exterior todos los excedentes de azúcar por lo que se tienen que buscar nuevas alternativas para obtener el máximo de utilidades.

### **3.4.2 INTEGRACION DE ETANOL COMO BIOCOMBUSTIBLE**

#### **ESCENARIO 2**

Este escenario contempla la producción de etanol como un bioenergético que contribuya al balance energético nacional. Para poder construir este escenario los inversionistas interesados en la producción de biocombustibles toman como referente a Brasil por ser el país con el mayor desarrollo en la producción de etanol.

Hoy en día solo se obtienen 50, 068,096 litros de etanol, los cuales representan el 11% del total que pudiera producirse. El etanol brasileño es competitivo si el barril de petróleo se mantiene a un precio entre US\$40, y US\$60 en el caso del etanol de EE.UU. y US\$80 con el europeo.

Los beneficios que los industriales de la caña de azúcar consideran para la producción de etanol son los siguientes:

- **Energía:** sustituir combustibles basados en petróleo para aumentar la seguridad energética, disminuir la dependencia frente a la volatilidad de los precios de petróleo, bajar los costos de combustibles o de las importaciones, disminuir la dependencia de países políticamente inestables.
- **Medio Ambiente:** disminuir daños ambientales relacionados con la cadena del petróleo, como por ejemplo los derrames de petróleo, además de reducir la contaminación.
- **Desarrollo Rural y Agrícola:** apoyar a la agricultura nacional, mejorar la situación económica de las áreas rurales y de los ingresos de los agricultores.

Los biocombustibles, a pesar de su gran expansión en los últimos años, cubren apenas al 1% del consumo total de combustibles para el transporte. Sin embargo, algunos países han llegado a porcentajes más altos de sustitución. Brasil llega a casi 50% en gasolina y EE.UU., segundo productor de etanol, al 2,5%. En Brasil, el total de la sustitución de los combustibles en base a petróleo llega actualmente a un poco más del 20% mientras que en EE.UU. es apenas del 1,8%.

Muchos países han establecidos metas ambiciosas para la sustitución como:

- **Japón:** 20% de la demanda de petróleo con biocombustibles y gas licuado hasta 2030 (mandato previsto).
- **Canadá:** mezcla de 10% etanol en 45% de la gasolina hasta 2010 y la Unión Europea: mezcla de 5.75% en todos los combustibles (diesel y gasolina) hasta 2010 en todos los países miembros.



- Estados Unidos: El "Renewable Fuels Standard (RFS)", exige el uso de 28.4 billones de litros (7.500 millones de galones) de biocombustibles en 2012.
- Brasil: mezcla de biodiesel de 2% hasta 2008, y 5% hasta 2013 (mandato).
- Colombia: Mezcla de 10% en gasolina en ciudades mayores de 500.000 habitantes en 2006 (mandato).
- Venezuela: Mezcla de 10% en gasolina (mandato previsto).
- China: Mezcla de 10% en gasolina en cinco provincias (mandato).

Este escenario esta basado en las perspectivas que tiene la SAGARPA y la Secretaria de Energía, el cual se público en un documento llamado: Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007 – 2012. Entre sus consideraciones están las siguientes:<sup>43</sup>

Realizar un balance de todos los ingenios azucareros para determinar cuales ingenios tienen el potencial para ser candidatos a invertir en nuevas tecnologías.

Replicar las mejores prácticas y métodos productivos de los ingenios más eficientes.

Promover la inversión con el propósito de modernizar la planta industrial, la mejora en los índices de productividad, el incremento en la eficiencia y la disminución de costos y tiempos perdidos.

Mejorar los procesos de recepción de la caña, transformación, manejo y almacenaje requeridos en la producción de los diversos tipos de azúcares y alcoholes.

Aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del consumo de agua e incorporar sistemas tecnológicos que mejoren la calidad de las aguas residuales mediante esquemas de financiamiento preferenciales.

Aumentar a 13.7% el rendimiento de sacarosa

Aumentar el rendimiento de fábrica a 11.50%.

Reducir a 3 lt. El uso de combustóleo por tonelada de caña molida.

Elevar la eficiencia en fábrica, mediante el 83.94% de aprovechamiento de sacarosa

Disminuir a 16.2% los tiempos perdidos (total) en periodo de fábrica, personal, días festivos y campo, lluvia.

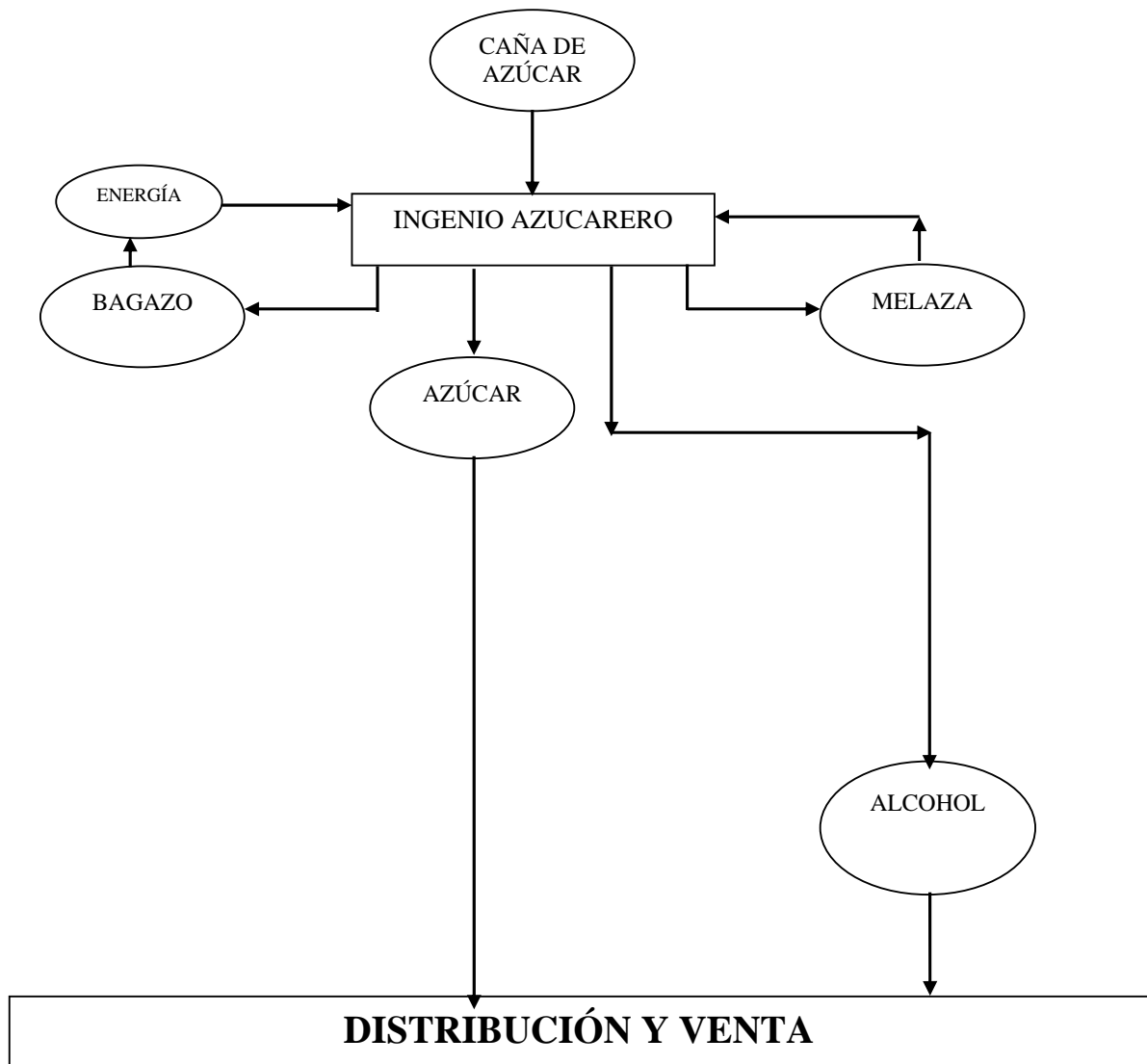
Promover la revisión y modernización del Contrato Ley de las Industrias Azucareras, Alcoholera y similar que permita actualizar la relación obrero-patronal acorde a un nuevo esquema de productividad y competitividad. Establecer programas de capacitación al personal, desarrollo y calificación de las multihabilidades y multifuncionalidad. Fomentar acciones para la producción de biocombustibles / cogenerar energía eléctrica. Aumentar la capacidad de producción de azúcar estrategia de aumentar las hectáreas destinadas a la

<sup>43</sup> ://www.agrointernet.com.mx - Agrointernet... El Campo en Línea Powered by Mambo Generated: 9 June, 2008.



siembra de la caña de azúcar en una razón de 3% anual, aumentar el rendimiento para producir azúcar hasta un 13%. Con este escenario se tendría un aumento en la producción del 13.5 % en la capacidad de azúcar para exportar. En la figura 3.4.4 se muestra el ciclo económico que los industriales quieren adoptar para la Agroindustria de la Caña de Azúcar.

Figura 3.4.4 Cadena Económica de la Agroindustria de la Caña de Azúcar con integración de la producción de etanol



Fuente: Creación propia con datos de la investigación de campo al ingenio independencia.

Hoy en día el etanol que se obtiene de la caña de azúcar es producido por la fermentación de las melazas que son un subproducto de la caña de azúcar. En la





tabla 3.4.4 se muestra el potencial económico que tendría la producción de etanol, si no hubiera inversión para aumentar la productividad.

Tabla 3.4.4 Potencial económico actual de la producción del etanol

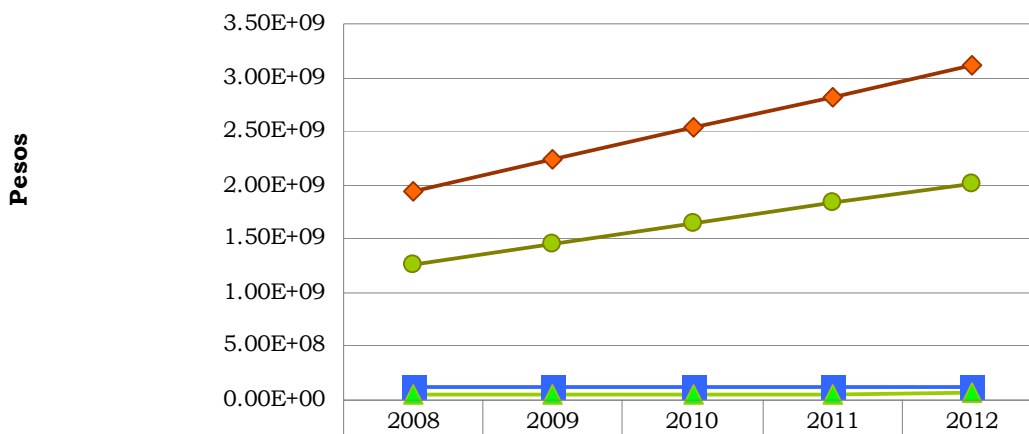
	Unidad	2008	2009	2010	2011	2012
Melaza Ton	Ton	1,809,410	1,815,629	1,821,869	1,828,131	1,834,414
Melaza destinada a alcohol		12%	12%	12%	12%	12%
Melaza destinada a alcohol	Ton	211,882	212,610	213,341	214,074	214,810
Alcohol producido	Lts	50,427,887	50,601,207	50,775,124	50,949,638	51,124,752
Precio mas bajo	Pesos/lts	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2
Precio mas alto	Pesos/lts	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5
Ventas baja etanol	Pesos	2.12E+08	2.13E+08	2.13E+08	2.14E+08	2.15E+08
Ventas altas etanol	Pesos	2.77E+08	2.78E+08	2.79E+08	2.80E+08	2.81E+08
Costo producción etanol	Pesos/lt	\$3	\$3	\$3	\$3	\$3
Costo total de producción	Pesos	1.51E+08	1.52E+08	1.52E+08	1.53E+08	1.53E+08
Utilidad alta etanol	Pesos	1.26E+08	1.27E+08	1.27E+08	1.27E+08	1.28E+08
Utilidad baja etanol	Pesos	6.05E+07	6.07E+07	6.09E+07	6.11E+07	6.13E+07

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

Para observar la obsolescencia de este escenario se comparan en la tabla 3.4.4 las utilidades que se obtendrían con la transformación de melazas en alcohol con las utilidades de la exportación de azúcar.

Figura 3.4.5 Comparación de Utilidades Etanol vs exportación de azúcar

**COMPARACION EXPORTACIONES DE AZÚCAR VS PRODUCCIÓN DE ETANOL ACTUAL**



◆ Utilidad alta azúcar	1.94E+09	2.24E+09	2.53E+09	2.82E+09	3.11E+09
● Utilidad baja azúcar	1.26E+09	1.45E+09	1.64E+09	1.83E+09	2.02E+09
■ Utilidad alta etanol	1.26E+08	1.27E+08	1.27E+08	1.27E+08	1.28E+08
▲ Utilidad baja etanol	6.05E+07	6.07E+07	6.09E+07	6.11E+07	6.13E+07



Como se observa en la figura 3.4.6, si no hay inversión para la transformación el etanol no representaría mayores utilidades. Por otra parte si se potencializara la producción de etanol y se transformarían todas las mieles en etanol se tendrían resultados como los que se muestran en la tabla 3.4.5.

Tabla 3.4.5 Potencial económico del etanol al transformarse todas las mieles residuales en etanol.

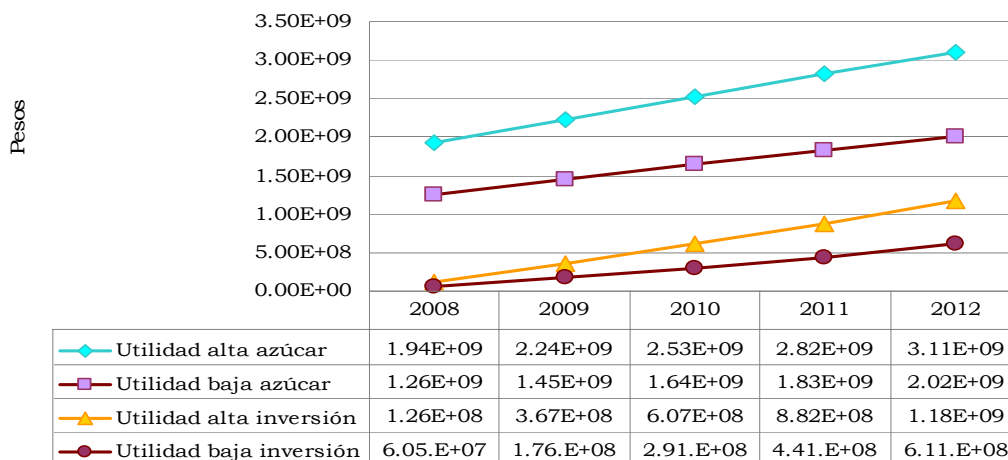
	Unidad	2008	2009	2010	2011	2012
Melaza	Ton	1,809,410	1,815,629	1,821,869	1,828,131	1,834,414
Melaza destinada		12%	34%	56%	78%	100%
Melaza destinada a alcohol	Ton	211,882	617,314	1,020,247	1,425,942	1,834,414
Alcohol producido	Lts	5.04.E+07	1.47.E+08	2.43.E+08	3.39.E+08	4.37.E+08
Precio mas bajo	Pesos/lts	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2
Precio mas alto	Pesos/lts	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5
Ventas baja etanol	Pesos	2.12.E+08	6.17.E+08	1.02.E+09	1.43.E+09	1.83.E+09
Ventas altas etanol	Pesos	2.77.E+08	8.08.E+08	1.34.E+09	1.87.E+09	2.40.E+09
Costo producción etanol	Pesos/lts	\$3	\$3	\$3	\$2.9	\$2.8
Costo total de producción	Pesos	1.51E+08	4.41E+08	7.28E+08	9.84E+08	1.22E+09
Utilidad alta inversión	Pesos	1.26E+08	3.67E+08	6.07E+08	8.82E+08	1.18E+09
Utilidad baja inversión	Pesos	6.05.E+07	1.76.E+08	2.91.E+08	4.41.E+08	6.11.E+08

Fuente: Creación propia con datos de la ISO y Cámara Nacional de la Industria Azucarera y alcoholera

Como se puede observar en la Figura 3.4.6 lo si se transformarían todas las mieles de la producción de azúcar en etanol, las industrias ya tendrían un ingreso más significativo. Sin embargo todavía sería menor al que tendrían por las exportaciones de azúcar.

Figura 3.4.6 Comparación de utilidades de exportación de azúcar contra etanol aprovechando todas las mieles residuales.

**COMPARACIÓN EXPORTACIONES DE AZÚCAR VS ETANOL OPTIMIZANDO**





Una de las tesis que se plantean los especialistas en bioenergéticos es el prescindir de las exportaciones de azúcar y transformar directamente el jugo de la caña de azúcar en etanol. Esta teoría tiene una ventaja de la cual se obtiene un rendimiento de 620 litros de etanol por cada tonelada de azúcar que se deja de producir. En la tabla 3.4.6 se muestra las utilidades que pueden obtenerse por la transformación de la azúcar de exportación en etanol.

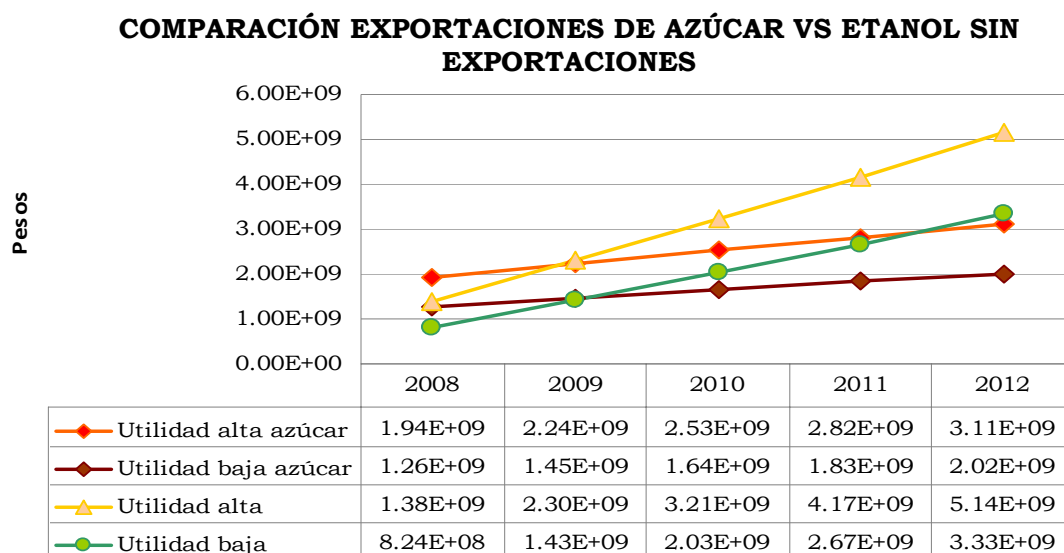
Tabla 3,4.6 Utilidades calculadas al transformar la caña de la azúcar de exportación en etanol

	UNIDAD	2008	2009	2010	2011	2012
Azúcar exportaciones Ton	Ton	523,782	604,239	683,773	762,348	839,924
Alcohol potencial (620)	Lts	324,744,767	374,627,993	423,939,374	472,655,617	520,752,887
Etanol total	Lts	375,172,654	521,548,663	666,758,070	812,029,805	957,343,422
Precio mas bajo	Pesos/lts	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2	\$4.2
Precio mas alto	Pesos/lts	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5	\$5.5
Ventas baja etanol	Pesos	1.58E+09	2.19E+09	2.80E+09	3.41E+09	4.02E+09
Ventas altas etanol	Pesos	2.06E+09	2.87E+09	3.67E+09	4.47E+09	5.27E+09
Costo etanol	Pesos/lts	\$2.5	\$2.5	\$2.5	\$2.5	\$2.5
Costo total producción	Pesos	8.12E+08	9.37E+08	1.06E+09	1.18E+09	1.30E+09
Utilidad alta exp	Pesos	1.25E+09	1.93E+09	2.61E+09	3.28E+09	3.96E+09
Utilidad baja exp	Pesos	7.64E+08	1.25E+09	1.74E+09	2.23E+09	2.72E+09

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

Para mostrar el impacto que se asumiría al cambiar las exportaciones de azúcar por etanol se muestra en la figura 3.4.7 que cuando se tiene el mejor precio de venta del etanol las utilidades serían mayores que con el azúcar.

Figura 3.4.7 Comparación de utilidades de la exportación de azúcar contra las utilidades del etanol

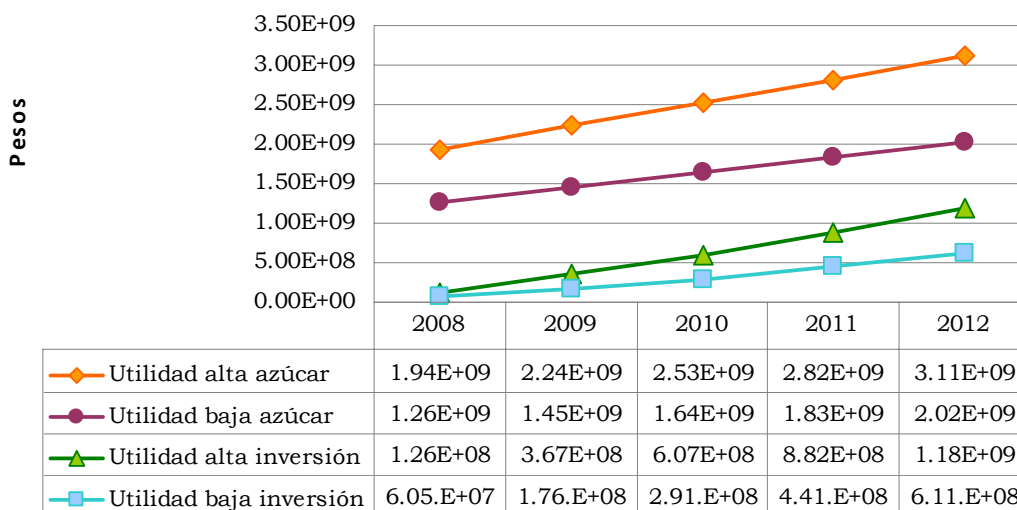




El máximo potencial de etanol se tendría, cuando se transformaran las mieles en etanol y la caña destinada a azúcar de exportación se transformara en etanol. En la figura 3.4.8 se muestra el máximo potencial que la agroindustria de la caña de azúcar tendría para la producción de etanol.

Figura 3.4.8 Comparación de utilidades de la exportación del azúcar frente a la máxima aprovechamiento de etanol.

**COMPARACIÓN EXPORTACIONES DE AZÚCAR VS ETANOL OPTIMIZANDO LA PRODUCCIÓN**



En apariencia el escenario de ingresar a los bioenergéticos proporciona mejores condiciones que exportar azúcar, sin embargo, no se tienen en México las condiciones para entrar como se muestra en la tabla 3.4.6

Como lo refiere la ISO en países como México los bioenergéticos no son un sustituto para el consumo de combustibles fósiles, sino que podrían usarse en mezclas del 5%, 7.5% y 10% máximo con las gasolinas. En la Tabla 3.4.7 se muestran los litros de etanol que se tendrían que producir para satisfacer las distintas mezclas etanol-gasolina

Tabla 3.4.7 litros de etanol que se tendrían que producir para satisfacer las distintas mezclas etanol-gasolina.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Consumo Anual de gasolina litros	4.02.E+10	4.09.E+10	4.16.E+10	4.23.E+10	4.31.E+10	4.38.E+10	4.45.E+10
5% mezcla	2.01.E+09	2.04.E+09	2.08.E+09	2.12.E+09	2.15.E+09	2.19.E+09	2.23.E+09
7.5% mezcla	3.01.E+09	3.07.E+09	3.12.E+09	3.18.E+09	3.23.E+09	3.29.E+09	3.34.E+09
10% mezcla	4.02.E+09	4.09.E+09	4.16.E+09	4.23.E+09	4.31.E+09	4.38.E+09	4.45.E+09

Fuente: Creación propia con datos de la Secretaria de Energía



En la tabla 3.4.8 se muestra el potencial de alcohol que se podría satisfacer al optimizar al máximo la producción de etanol.

Tabla. 3.4.8 Contribución del etanol al balance nacional

	2008	2009	2010	2011	2012
5% mezcla	2.08.E+09	2.12.E+09	2.15.E+09	2.19.E+09	2.23.E+09
7.5 mezcla	3.12.E+09	3.18.E+09	3.23.E+09	3.29.E+09	3.34.E+09
10% mezcla	4.16.E+09	4.23.E+09	4.31.E+09	4.38.E+09	4.45.E+09
Etanol lts opt. Ingenios	5.04.E+07	1.47.E+08	2.43.E+08	3.39.E+08	4.37.E+08
Etanol agresivo	3.75.E+08	5.22.E+08	6.67.E+08	8.12.E+08	9.57.E+08
Etanol total lts	4.26.E+08	6.68.E+08	9.10.E+08	1.15.E+09	1.39.E+09
Contribución mezcla 5%	20%	32%	42%	53%	63%
Contribución mezcla 7.5%	14%	21%	28%	35%	42%
Contribución mezcla 10%	10%	16%	21%	26%	31%

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA

Bajo estas circunstancias no se podría abastecer el total de la demanda requerida de etanol, sino que se necesitaría incorporar otros cultivos para aumentar la superficie destinada a la producción de caña de azúcar. En la tabla 3.4.9 se muestra la superficie que se tendría que aumentar para abastecer la demanda total de etanol.

Tabla 3.4.9 Superficie faltante para completar la demanda de etanol requerida

	2009	2010	2011	2012
Etanol faltante 5%	1.45.E+09	1.24.E+09	1.04.E+09	8.33.E+08
Etanol faltante 7.5%	2.51.E+09	2.32.E+09	2.13.E+09	1.95.E+09
Etanol faltante 10%	3.57.E+09	3.40.E+09	3.23.E+09	3.06.E+09
Rendimiento Ton azúcar/Ton Caña	11.90%	12.24%	12.58%	12.93%
Ton Caña requeridas 5%	1.96.E+07	1.64.E+07	1.33.E+07	1.04.E+07
Ton Caña requeridas 7.5%	3.40.E+07	3.06.E+07	2.73.E+07	2.43.E+07
Ton Caña requeridas 10%	4.83.E+07	4.48.E+07	4.14.E+07	3.82.E+07
Ton caña destinadas	4.78E+07	4.79E+07	4.81E+07	4.83E+07
Caña faltante 5%	41%	34%	28%	22%
Caña faltante 7.5%	71%	64%	57%	50%
Caña faltante 10%	101%	93%	86%	79%

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA.



Como se puede observar en la tabla 3.4.9 si se pretendiera satisfacer la demanda de etanol con caña de azúcar, se necesitaría aumentar en un porcentaje muy considerable la superficie de siembra, por lo que se tendría una disyuntiva entre sembrar caña para biocombustible o alimentos.

En este escenario se muestra la potencibilidad de producir etanol, pero no para consumo nacional, ya que no se pueden competir en el mercado internacional, porque la caña de azúcar se compra en México en promedio en \$40 USD y en países como Brasil se compra la caña en precios de \$ 20 USD. La producción masiva de etanol aumentará el precio de los productos alimentarios y profundizará el hambre y la miseria en el planeta, aseguran especialistas. Se estima que sólo en Brasil se utilizarán más de 20 millones de hectáreas en plantar caña de azúcar destinada al etanol. Esto afectará inevitablemente el precio del maíz, la soja y otros comestibles cuyos productores deberán enfrentar costos más altos en áreas de cultivo más escasas. Y aumentaría, además, el precio de la alimentación animal, provocando incrementos posteriores en el precio de la carne.

Este fenómeno ya está ocurriendo en EEUU, donde el etanol se produce a partir del maíz. Y ya aumentaron los precios de los alimentos para animales igualmente el maíz destinado al consumo humano. La demanda de etanol ha casi a doblado los precios del maíz.

El aumento del precio internacional del maíz hizo explotar las recientes protestas masivas de México, donde se ha triplicado y cuadruplicado el precio de las tortillas, el alimento tradicional preferido por los pobres. Hay consenso general de que la creciente demanda de etanol es responsable de la crisis mexicana de la tortilla y del malestar social que ha producido. También ha afectado el precio del “ketchup”, la salsa de tomate que se fabrica con jarabe de maíz de alto contenido de fructosa, estimulando investigaciones para un sustituto “post biocombustibles” fabricado con jarabe de caña de azúcar. Si el etanol llegara a convertirse en un “commodity” mundial habrá consecuencias terribles -vaticina Benoit- para el precio de los alimentos en perjuicio de la gente de trabajo alrededor del globo e infligiéndole al ambiente daños adicionales hasta ahora no calculados

### **3.4.3 ESCENARIO DIVERSIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN**

Este escenario consiste en proporcionar a la Agroindustria de la Caña de Azúcar las inversiones para ser una industria competitiva.

Los productores de caña de azúcar podrán vender al mejor postor su cosecha. Al diversificarse la producción México podría tener empresas que invirtieran en producir azúcar, otras en ser productoras de etanol y otras ser productoras de ácidos orgánicos, etc... Cada unidad de producción se encargaría de controlar sus subproductos para que ellos mismos los aprovecharan o fueran parte de otra. La opción por la diversificación productiva en la industria azucarera conduce, en determinados contextos, al aumento considerable de las ganancias netas específicas.



Se generaría una vinculación entre las instituciones de educación superior y las empresas para desarrollar investigación. Este escenario puede formarse con las nuevas políticas de desarrollo sustentable.

En la tabla 3.4.10 se muestra el potencial económico si en lugar de exportar azúcar, la caña se transformara en ácido cítrico

Tabla 3.4.10 Potencial económico de la producción de ácido cítrico al sustituir las exportaciones de azúcar.

	UNIDAD	2008	2009	2010	2011	2012
Azúcar sobrante	TON	523,782	604,239	683,773	762,348	839,924
Tonelada por hectárea	TON	72	72.5	73	73.5	74
Caña Total	TON	4,703,454	5,463,620	6,225,423	6,988,346	7,751,855
Hectáreas	Hectáreas	65,326	75,360	85,280	95,080	104,755
Porcentaje total de caña	%	10%	11%	13%	15%	16%
Acido cítrico producible	TON	251,164	291,757	332,438	373,178	413,949
Precio Ácido. Cítrico	Pesos/Ton	\$18,360	\$18,360	\$18,360	\$18,360	\$18,360
Venta Ácido Cítrico	Pesos	4.61E+09	5.36E+09	6.10E+09	6.85E+09	7.60E+09
Costo total Ácido Cítrico ton	Pesos/Ton	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000	\$10,000
Costo total	Pesos	2.51E+09	2.92E+09	3.32E+09	3.73E+09	4.14E+09
Utilidad Ácido Cítrico.	Pesos	2.10E+09	2.44E+09	2.78E+09	3.12E+09	3.46E+09
Utilidad baja	Pesos	1.60E+09	1.86E+09	2.11E+09	2.37E+09	2.63E+09

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA.

Como se muestra en la Figura 3.4.9 las utilidades de la producción y comercialización del ácido cítrico serían mayor que las exportaciones del azúcar excedente.

Figura 3.4.9 Comparación de utilidades del azúcar frente a las utilidades de Acido cítrico

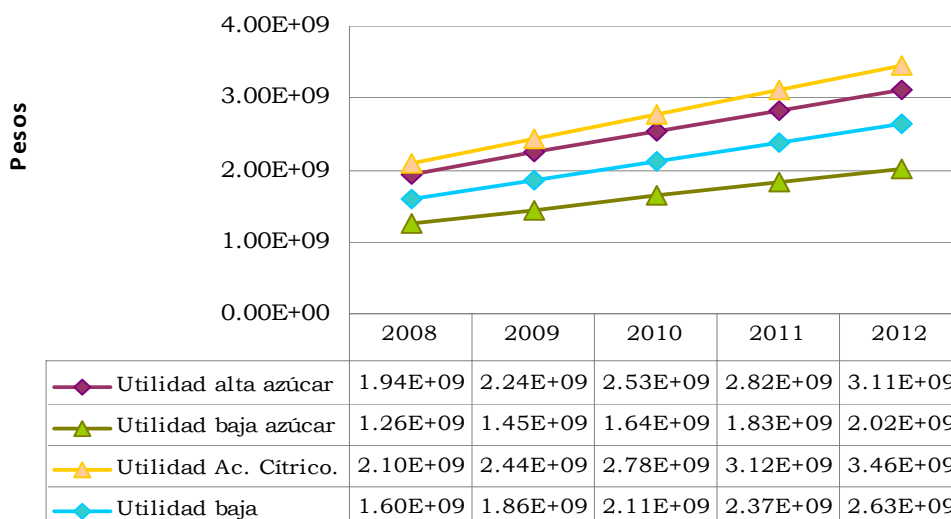
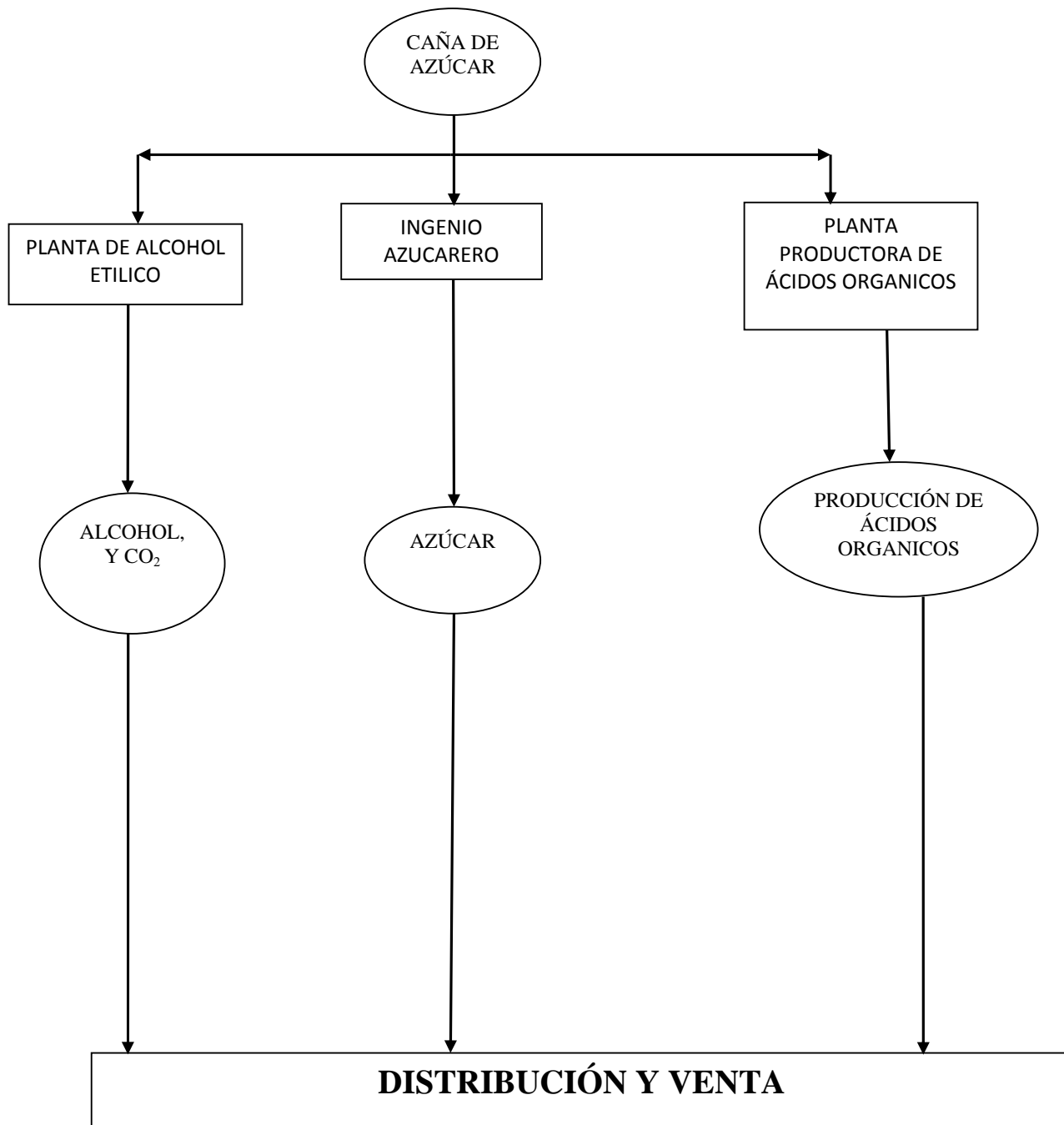




FIGURA 3.4.10 ESCENARIO 3 DIVERSIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN



Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA





### 3.5 EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

A pesar de que el escenario 2 y 3 muestran, que cambiar los excedentes de azúcar para la producción de etanol o de ácido cítrico presentan una ventaja competitiva, no representan una solución convincente para la cadena de la agroindustria de la caña de azúcar. Por lo tanto se propone un escenario donde se muestren las fortalezas económicas de los escenarios estudiados.

#### 3.5.1 INTEGRACIÓN DE LOS ESCENARIOS

El siguiente paso para construir el mejor escenario, consiste en encontrar los puntos de acuerdo de los tres escenarios presentados. Así pues cada escenario ofrece sus mejores puntos de acuerdo, con lo que se construye el escenario más fuerte. En la tabla 3.5.1 se muestra la estrategia que se ha rescatado de la valorización de cada escenario.

Tabla 3.5.1 Integración de escenarios

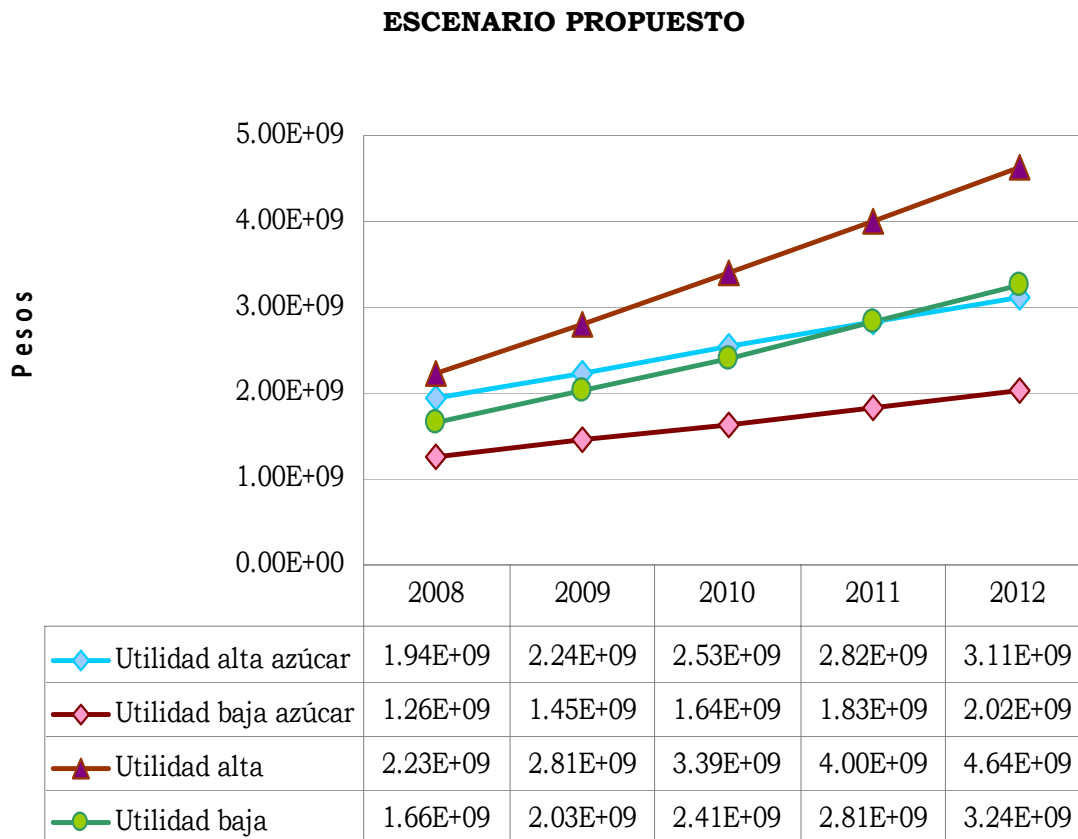
A	Aportación del escenario 1	Aportación del escenario 2	Aportación del escenario 3
B	Usar el conocimiento actual para mantener satisfecha la demanda de azúcar	Aprovechar la inercia mundial hacia el aprovechamiento de los Biocombustibles	Priorizar el balance los productos a producir para no tener desabasto de azúcar.
C	Usar el respaldo gubernamental para invertir en la infraestructura para aumentar la competitividad	Invertir en la investigación de las mejores condiciones para explotar al máximo las características de la caña de azúcar dependiendo su región	Involucrar a los sectores productivos de la caña de azúcar en las tomas de decisiones del futuro de la Agroindustria
D	Mantener un trabajo legislativo para la protección de los edulcorantes naturales frente a los sintéticos	Transformar al 100% las mieles en alcohol	Crear una industria responsable de subproductos.
E	Crear una regulación ambiental en toda la cadena de la agroindustria de la caña de azúcar	Invertir en investigación y en trabajos para aumentar la eficiencia en los proceso de producción de la caña	Involucrar a los cañeros en la creación de proyectos productivos para darle un valor agregado a su caña de azúcar

Fuente: Creación propia con datos del Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2007-2012 SAGARPA



Al incluir en este escenario el cambio de las exportaciones por la producción de ácido cítrico y a su vez la transformación de etanol para su venta en el mercado nacional o internacional se muestra en la figura 3.5.1

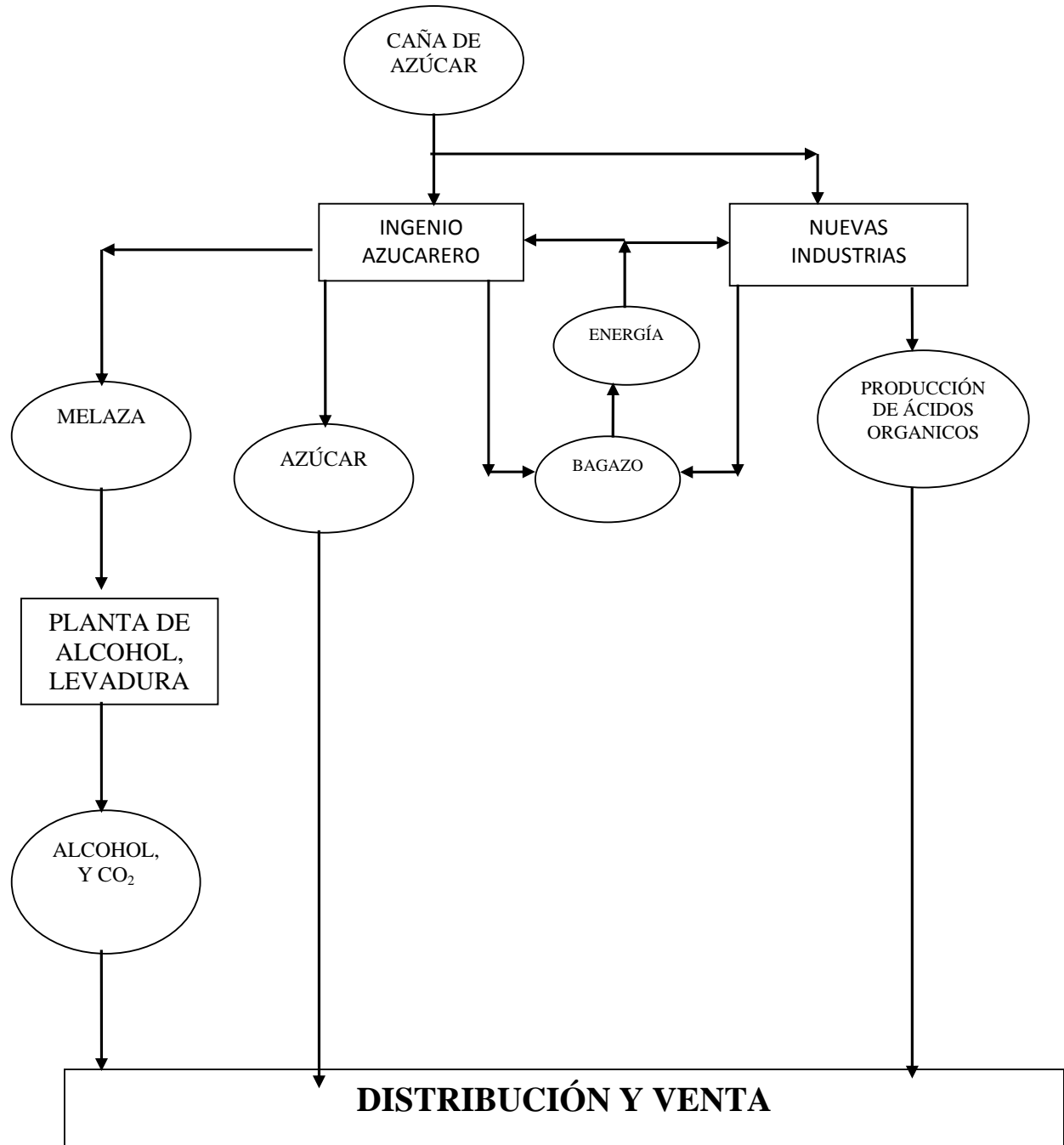
Figura 3.5.1 Utilidades prospectadas para el escenario propuesto





En la figura 3.5.2 .Se muestra la cadena económica del escenario construido

FIGURA 3.5.2 ESCENARIO CONSTRUIDO



Fuente: Creación propia, escenario propuesto con datos del PRONAC, ISO, etc.



El escenario 3 está enfocado a un trabajo conjunto, el cual debe ser multidisciplinario para lograr un correcto balance general de la caña de azúcar que se va a destinar para su transformación en azúcar. Como respaldo el análisis de la tabla 3.5.1 se puede apreciar, que se puede generar un escenario donde el total de la caña que se pretende cosechar para el año 2012, existe una proyección del 13% (6 millones de toneladas) que pueden usarse para la creación de una serie de empresas productoras de otros productos en base a la fermentación del jugo de caña.

Los subproductos principalmente la melaza, son destinadas para su tratamiento y producción de etanol. Esta filosofía de producir etanol, debe de estar dirigida para satisfacer la demanda interna de etanol y no ser dirigida como un sustituto de combustibles.

La caña que no sea destinada para producir azúcar debe ser dirigida a abastecer las nuevas empresas que se crean para la producción de productos obtenidos por la fermentación del jugo de caña. Una fuente complementaria de energía para este escenario es la utilización del bagazo resultado de la molienda para quemarlo y producir vapor. El bagazo producido por la molienda de caña de azúcar será destinado como un combustible complementario para la generación de vapor como fuente de energía para toda la nueva agroindustria de la caña de azúcar.



---

# **CAPÍTULO 4**

# **ANÁLISIS TÉCNICO**



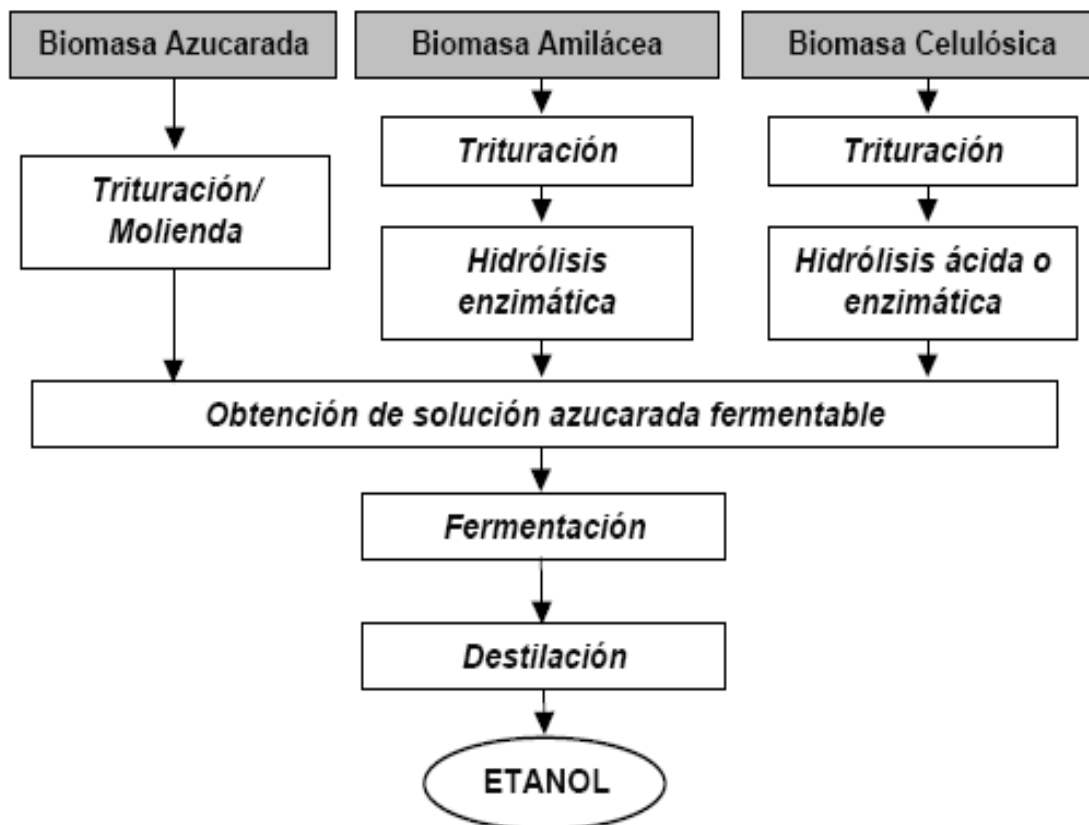
## ANÁLISIS TÉCNICO

En el presente capítulo se muestran los procesos de producción que se tomaron en cuenta para el desarrollo y la integración de los escenarios del capítulo 3.

### 4.1 TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL

El etanol o alcohol etílico es un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable y soluble en agua cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno e hidróxilos (CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH).

Figura 4.1. Las principales tecnologías que hoy en día se emplean para la producción de etanol



Fuente: Autor Alfredo Martínez Jiménez, UNAM Instituto de Biotecnología, Estado del Arte en la producción de etanol a partir de lignocelulosa, junio 2008



• **BIOMASA AZUCARADA**, que se encuentran en la caña de azúcar, la melaza, el sorgo dulce, etc.

La caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas para la elaboración de etanol, debido a que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables.

Se estima que de una tonelada de melaza se produce 230 litros de alcohol.

Además, con una tonelada de caña de azúcar se produce entre 30 y 40 kg. de melaza, que a su vez generaría entre 6,9 y 9,2 litros de alcohol.

• **BIOMASA AMILACEA**, que se encuentran en cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y tubérculos (yuca, camote, papa, etc.) Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión (sacarificación), introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación.

No obstante, existen algunos cultivos amiláceos como la yuca, que pueden ser desarrollados con una mínima cantidad de insumos y en tierras marginales donde generalmente no se desarrollan otras especies.

• **BIOMASA CELULOSICA**, que se encuentra en la madera, residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa.

En la tabla 4.1 se muestran los sistemas que dominan actualmente el mercado industrial de producción de bioetanol.

Tabla 4.1.1 Sistemas de producción de etanol

Sistema Empleado	Tipo de Materia Prima	Valor Materia Prima	Litros Etanol por Tonelada	Rentabilidad Final
Fermentación	Grano Cereal	Alto	350 L/T	Marginal Media
Hidrólisis Enzimática	Biomasa Celulosa	Bajo	250 L/T	Marginal Media
Fermentación de jugo de caña	Jugo de caña	Medio	425 L/T	Media
Fermentación Melazas	Mieles con una pureza del 55%	Alto	270 L/T	Media



## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TÉCNICO

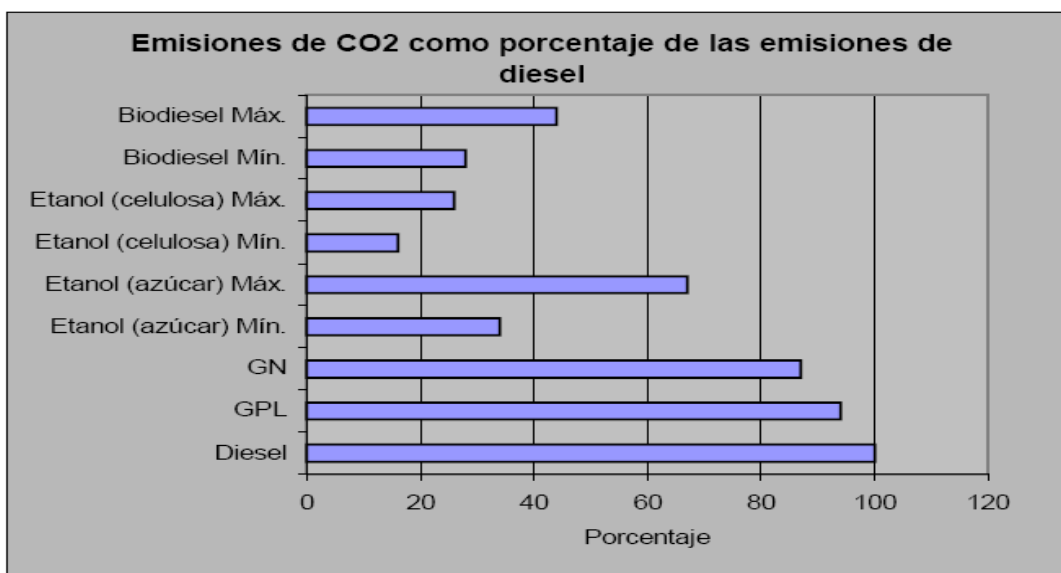


PROCCEC	Biomasa Celulosa Residuos Agrarios	Muy Bajo	350 L/T 380 L/T	Muy Alta
<u>GASCOHOL</u>	Biomasa Residuos Basura Plásticos Lodos Neumáticos	Muy Bajo	300 a 370 L/T 300 a 370 LT 300 a 550 L/T 450 a 550 L/T	Muy Alta

Fuente: Foro Nacional de etanol Veracruz 2006.

La consideración racional de todos estos factores a fin de identificar el nivel neto de emisiones de gases invernadero puede hacerse a través de un análisis del ciclo vital del combustible y existe un creciente conjunto de estudios dedicados a esta tarea. En la figura 4.1.2, se comparan los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub> para varios combustibles empleados en vehículos pesados como porcentaje de las emisiones de diesel. El etanol de la caña de azúcar puede lograr una reducción del 33-66 por ciento en las emisiones de CO<sub>2</sub> comparando con las del empleo de diesel en vehículos pesados.

Figura 4.1.2 Porcentajes de emisiones de CO<sub>2</sub>



Fuente: "Life Cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles", Fase 1, Estudio atmosférico CSIRO C/0411/1.1/F2, a la oficina australiana para estudios sobre el efecto invernadero (AGO), Marzo de 2000.



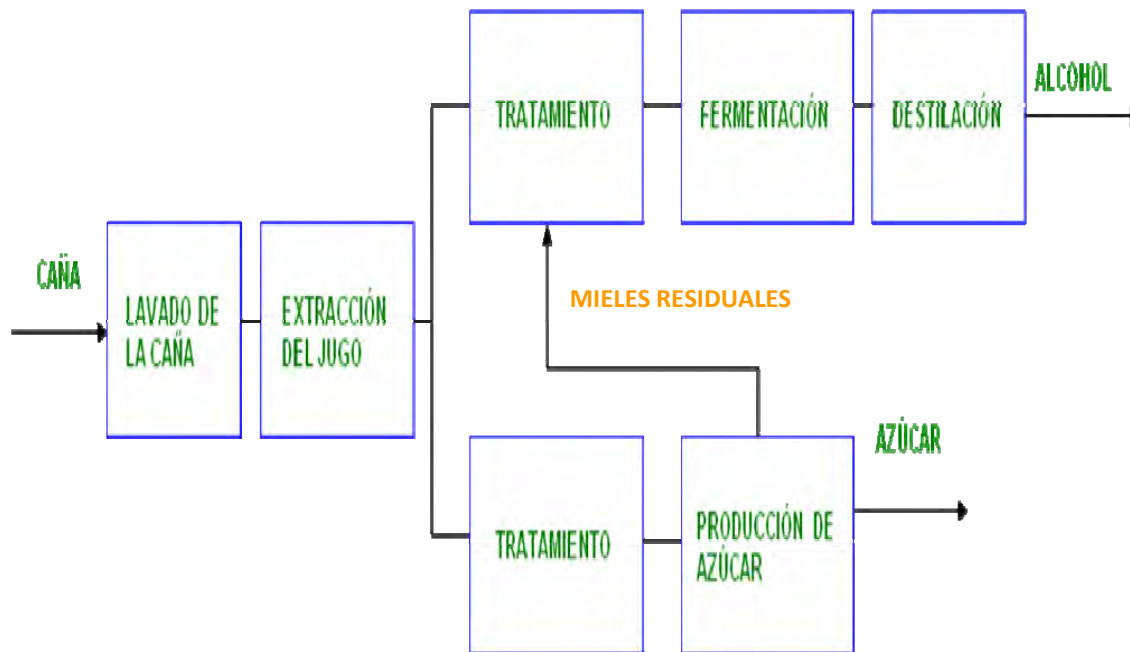


### 4.1.2 FLEXIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE CAÑA DE AZÚCAR

En el marco del escenario seleccionado, el etanol puede concebirse presente gracias a que la producción de alcohol etílico se realiza utilizando únicamente las mieles finales como materia prima, @ 96° GL, con rendimiento de 250 l de alcohol / ton de melaza. Si se utiliza bagazo de caña el rendimiento es de cerca de 165 Lts/Ton de Caña, Las opciones de producción de etanol a partir de la caña de azúcar son las siguientes:

- 1.- A través del uso de las melazas, tal como se estila en México y en la mayoría de los países azucareros.
- 2.- Utilizando mieles intermedias “A” y “B”, con importantes aumentos del rendimiento y para bebidas de calidad.
- 3.- Empleándose para este fin directamente el jugo de caña. Esto se realiza en destilerías autónomas; prescindiéndose entonces del área de producción de azúcar.

Figura 4.1.2 Flexibilidad para la producción de etanol y azúcar a partir de caña



Fuente: Internacional Sugar Organization, etanol producido a partir de cosechas azucareras, noviembre 2002.



Tabla 4.1.2 Comparación de la productividad de etanol

MATERIA PRIMA	PROCESO	PRODUCTIVIDAD (litro etanol/t)	CONSUMO ENERGETICO	OTROS PRODUCTOS
Caña de azúcar	Miel pobre (C)	8.8	Autosuficiente	112 Kg Azúcar
	Miel rica (B)	17.1	Autosuficiente	92 Kg Azúcar
	Jugo directo	80	Autosuficiente	No relevantes
	Jugo directo + hidrólisis de residuos lignocelulosicos	98	Autosuficiente	No relevantes

Fuente: Internacional Sugar Organization, etanol producido apartir de cosechas azucareras, noviembre 2002.

#### 4.1.3 PROCESO TRADICIONAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZAS

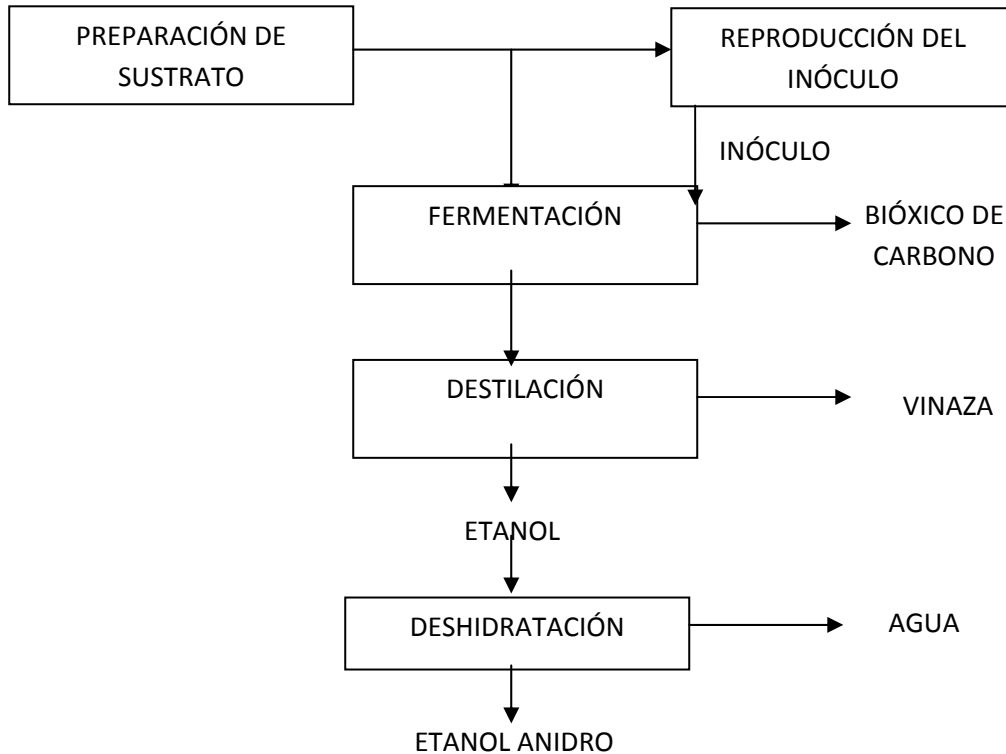
La tecnología de producción de alcohol en nuestro país pudiera considerarse como tradicional, ya que es la única en los ingenios de México que se tiene en muchos de los casos que no se actualiza, con grandes atrasos tecnológicos y sin recuperación ni de levadura, ni de CO<sub>2</sub>.

En lo referente a los aspectos energéticos, predominan las bajas presiones de vapor en las destilerías; requiriéndose un consumo elevado de bagazo y/o combustóleo, lo cual incide desfavorablemente en el costo de producción final.

Normalmente, la producción se realiza coincidiendo con el período de zafra; aunque algunas plantas operan durante el receso, con dependencia absoluta del hidrocarburo para satisfacer la demanda de energía, con mayores costos asociados. En la figura 4.1.3 se muestra el diagrama de bloques del proceso tradicional de la producción de etanol.



Figura 4.1.3 Diagrama de bloques del proceso de producción de etanol



Fuente: Internacional Sugar Organization, etanol producido apartir de cosechas azucareras, noviembre 2002.

#### 4.1.4 PROCESO SELECCIONADO

Se eligió como microorganismo fermentador la levadura *Saccharomyces diastaticus*, la cuál es una variedad de la *Saccharomyces cerevisiae*, que presenta las siguientes características. Es altamente floculante, resistente a la concentración de alcohol, presenta una alta velocidad de crecimiento celular así como una alta productividad de alcohol formado por gramo de sustrato. La fermentación se realiza en continuo en dos (CSTR) con reciclo por que se logran mayores productividades que en los sistemas batch, se disminuye el volumen de los reactores, permite la obtención de un producto uniforme, así como facilita la automatización del proceso.



Además reciclar la levadura, permite tener altas concentraciones de levadura en los fermentadores (83g/L), lo cual acelera el procesos de fermentación lográndose un incremento de productividad de hasta diez veces sobre los procesos continuos sin recicló. Para separar la levadura del etanol existe un dispositivo separador de platos inclinados, el cual resulta ser más económico que emplear un método tradicional como la centrifugación. Además, la naturaleza floculante del la levadura ayuda a que la separación sea mucho más fácil.

Para obtener al alcohol anhidro se eligió un sistema combinado de destilación con recuperación de vapor para volver el alcohol a azeotrópico y luego una deshidratación por preevaporación, ya que la destilación por recuperación del vapor es un sistema que muestra tener altos ahorros energéticos, siendo su consumo cercano al de recompresión del vapor pero sin un gasto adicional en los costos de capital (215 a 2450 KJ/L de etanol azeotrópico).

La pervaporación porque permite separaciones económicas, con reducción en los costos de capital y energéticos, así como logra efectivas para mezclas azeotrópicas sin la adición de otros componentes.

### **PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**

La materia empleada como biomasa para la producción de etanol puede contener materiales con azúcar, almidón y celulosa. El azúcar y materias base relacionadas tales como las melazas pueden utilizarse directamente para la producción de etanol.

Los azúcares deben estar en forma líquida con un contenido de azúcar adecuado para el microorganismo utilizado para convertir eficientemente el azúcar en etanol. Por ejemplo, las melazas C (también conocidas como melazas residuales o blackstrap) a 80 grados Brix no se fermentarán sin diluirse a menos de 25 grados Brix.

### **PREPARACIÓN DEL INÓCULO**

La preparación de la levadura para la inoculación de los fermentadores involucra procedimientos tanto en el laboratorio como en la planta. Los cultivos de levadura pura se activan en el laboratorio a una temperatura de 28 a 30°C hasta lograr una población de 190 a 200 millones de células por cm, utilizando como medio de crecimiento el jugo estéril diluido.

Posteriormente se realiza un escalamiento a dos cubas de reproducción, que contienen jugo diluido. En estas cubas se introducen elementos necesarios para el crecimiento y reproducción de la levadura, entre los que se tienen: urea como fuente de nitrógeno, fosfato de amonio como fuente de fósforo, oxígeno (aire estéril). Además se agrega antiespumante, las cantidades adicionadas se muestran en la Tabla 4.1.4.



Tabla 4.1.4 Cantidades de nutrientes utilizada en la fermentación

<b>Componente</b>	<b>Cantidad (g/g Azúcar fermentable)</b>
<b>Fuente de Fósforo</b>	<b>0.016</b>
<b>Fuente de Nitrógeno</b>	<b>0.008</b>
<b>Antiespumante</b>	<b>0.02</b>
<b>Oxígeno</b>	<b>--</b>

Fuente: Internacional Sugar Organization, etanol producido apartir de cosechas azucareras, noviembre 2002.

Las cubas deben mantenerse a una temperatura de 28 a 30 °C y un pH de 4.2 a 4.5 para garantizar el óptimo desarrollo de la levadura que se utiliza en la etapa de fermentación.

Para el proceso de fermentación se utilizan dos reactores tipo tanque agitado (CSTR) en serie, con recirculación de la levadura. Se alimenta continuamente jugo de caña (14°Brix) al primer fermentador. Así mismo, se alimentan cultivos de *Sacharomices cerevisae* provenientes de las cubas de reproducción y de la recirculación para mantener los niveles de población celular entre 200-300 millones de células por mililitro de solución en el fermentador este proceso fermentativo se hace bajo condiciones anaerobias a una temperatura de 32 a 35°C y un pH de 4.2 a 4.5

Se adiciona antiespumante y ergosterol, éste último en una relación de 5-40 mg/l de sustrato para hacer la levadura más resistente a las condiciones de concentración de etanol y temperatura del medio. También se agregan pequeñas cantidades de la enzima (INVERTASA) para ayudar a levadura a hidrolizar la sacarosa. Por cada gramo de glucosa consumida se producen 0.51 g de etanol y 0.49 g de CO<sub>2</sub> obteniéndose una fermentación ideal con una conversión del 95%, pero debido a la formación de algunos productos secundarios menores como propanol, butanol, metanol, glicerol y ácido láctico, se obtienen conversiones entre 90 y 93%.



La reacción es exotérmica y genera  $-16000$  Btu/lbmol de azúcar fermentada, es por esto que el fermentador necesita un sistema adecuado de control de temperatura. Para esto se emplea una chaqueta externa de enfriamiento que funciona con agua de la torre de enfriamiento. Las condiciones de temperatura y pH están controladas electrónicamente en los fermentadores, mientras que se realizan muestras periódicas de grado alcohólico y conteo microbiano.<sup>44</sup>

En el primer reactor la productividad de etanol que se logra es aproximadamente de 30 a 51 g/L (6 a 8% v/v), mientras que la productividad global es de 45 a 60 g/L (7.5 a 11%v/v). La concentración de levadura en el primer tanque es aproximadamente 89 g/L (11%V/V). El efluente proveniente del segundo reactor, pasa a un decantador donde se separa la torta de fermentación (levaduras y otros en muy pequeñas proporciones), del caldo de fermentación (etanol, agua y otros ácidos y alcoholes). El CO<sub>2</sub> producido en la reacción se remueve del reactor por la parte superior y se envía a otro proceso en el cual se licua para su posterior venta. El caldo de fermentación se bombea hacia un tanque y posteriormente pasa al proceso de recuperación de etanol por destilación.

### **Recuperación de Etanol**

La recuperación del etanol se realiza por destilación multiefecto (reutilización del vapor) El caldo fermentado se alimenta a dos columnas, la de despojo y la de rectificación, la primera de las cuales opera a una presión de 0.4 MPa y la segunda a presión atmosférica. Se usa vapor solo en la columna de alta presión, los productos de cabeza y aceite de fusel se remueven como subproductos.<sup>45</sup>

### **Obtención de etanol Anhidro**

La producción de alcohol anhidro se realiza por el método de preevaporación. La corriente de etanol que sale de la destilación con una concentración de 95% V/V se pasa por una bomba en donde se eleva su presión de 1 a 6 atmósferas. Posteriormente se introduce a un intercambiador de calor de tubo y coraza en donde se eleva su temperatura hasta alcanzar los 130 a 150°C. Este flujo se bombea al módulo de membrana semipermeable del primer pervaporador. Esta membrana esta hecha de microporo de poliacrilonitrilo cubierto con una capa de 5 a 20  $\mu\text{m}$  de poli-vinil-alcohol (PVA).

<sup>44</sup> .T. Jackson, Process Engineering in Biotechnology , Prentice Hall Series 1991

<sup>45</sup> Planeación estratégica de la Agroindustria Azucarera Mexicana para la producción de Biocombustibles. Dr. Héctor Debernardi Delavequia Profesor Investigador Colegio de Postgraduados SAGARPA Campus Córdoba.



## CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TÉCNICO



La mezcla líquida entra en contacto con la membrana, la cual selectivamente permite el paso del agua en forma de vapor hacia el otro lado de esta debido a un gradiente de concentración y presión.

Este flujo líquido rico en agua (50-70%V/V) que sale del primer pervaporador como vapor (permeado) se condensa y genera un vacío espontáneo dentro del pervaporador.

La corriente líquida rica en etanol ingresa al segundo pervaporador en donde se pone en contacto con la membrana. La corriente rica en agua (permeado) se condensa y se une a la corriente rica del primer pervaporador.

Está se bombea hacia una válvula en donde se lleva a presión atmosférica y se reenvía a la segunda columna de destilación para recuperar el etanol. El etanol líquido casi puro (99,9 a 99.8% V/V o 99.5 a 99.7%p/p) se almacena para su posterior venta.

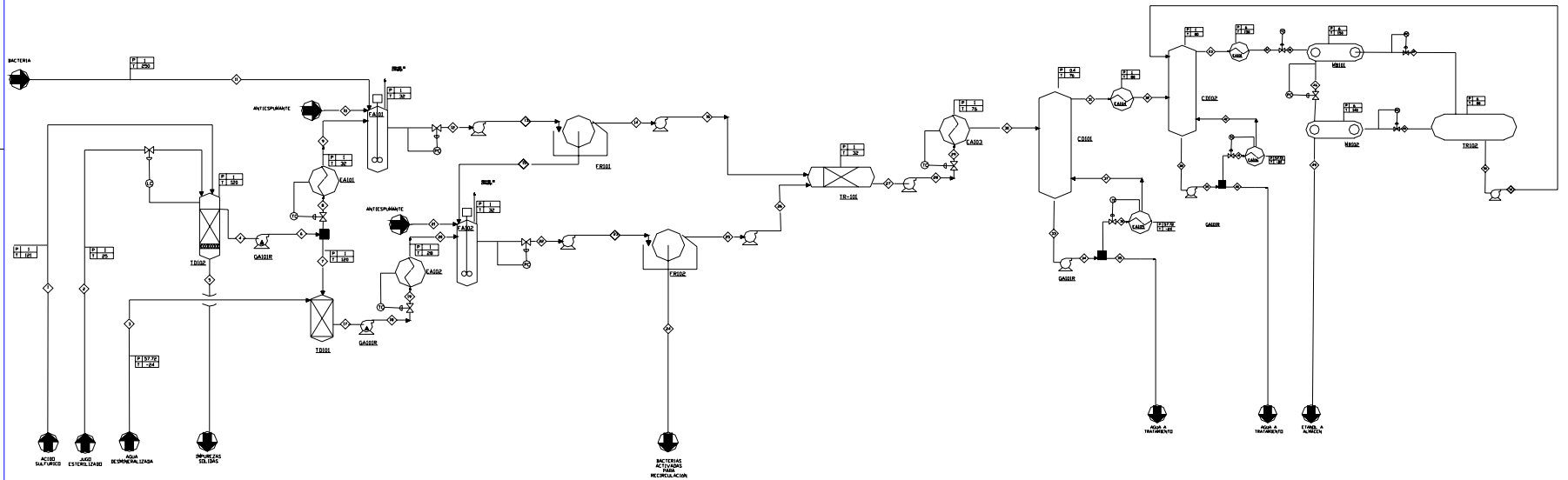


# CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TÉCNICO



FIGURA 4.1.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MELAZAS

	A	B
1	NOMENCLATURA	
2	EQUIPO	CLAVE
3	TANQUE DE DILUSION	TD
4	INTERCAMBIADOR DE CALOR	EA
5	FERMENTADORES	FA
6	FILTROS ROTATORIOS	FR
7	TANQUE DE RETENSION	TR
8	COLUMNA DE DESTILACION	CD
9	MODULO DE MEMBRANAS	MB
10		



OP	FECHA	SICA	REVISIONES	FECHA	OP	VAL.	NUMERO	DEBIDO DE REFERENCIA	APROBADO POR:
	NOV-07	S	Aprobado para Ingeniería de Detalle						

		DIB.	MSC	JUN-08	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE PRODUCCION DE ETANOL A PARTIR DE MELAZA
		PROY.	DGG		
		REV.			
		CORD.			
APROB.		ESC. SIN	ACOT: SIN		A-001





## 4.2 ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico, es un sólido translucido o blanco. Se ofrece en forma granular; es inodoro, sabor ácido fuerte, fluorescente al aire seco; cristaliza a partir de soluciones acuosas concentradas calientes en forma de grandes prismas rómbicos, con una molécula de agua, la cual pierde cuando se calienta a 100°C, fundiéndose al mismo tiempo.

La tendencia tanto de la tecnología como de los volúmenes de producción están condicionados actualmente entre otros por los siguientes factores.

1. Disponibilidad de materia prima (miel final, guarapo, mieles ricas y mieles integrales a partir de guarapo, jugo de los filtros y vinazas)
2. Coyunturas económicas asociadas a la industria azucarera.
3. Concepción de su producción dentro de un complejo a destinar tierras para el cultivo de variedades de caña para la producción de ácido cítrico.
4. Introducción de tecnologías de avanzada que garanticen una mayor eficiencia en la producción de ácido cítrico (fermentación continua, separación por membrana).

En la medida en que estos factores logren combinarse y sucesivamente se despejen las incertidumbres sobre el escenario económico de la región, la industria azucarera sería más competitiva.

### 4.2.1 PROCESOS DE OBTENCIÓN DEL ÁCIDO CÍTRICO

El ácido cítrico tiene un fuerte sabor ácido no desagradable. Este ácido se obtiene por un proceso de fermentación. El ácido cítrico se obtenía originalmente por extracción física del ácido del zumo de limón. Hoy en día la producción comercial de ácido cítrico se realiza sobre todo por procesos de fermentación que utilizan dextrosa o melaza de caña de azúcar como materia prima y *Aspergillus niger* como organismo de fermentación.



#### 4.2.1.1 OBTENCIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO A PARTIR DE LIMONES

##### **Materias Primas**

- Limones
- Cal apagada ( $\text{Ca(OH)}_2$ )
- Ácido sulfúrico al 35%
- Carborafina o Carbón de madera.
- Sulfuro de Bario

##### **Acondicionamiento del jugo.**

##### **Extracción del zumo<sup>46</sup>**

Los limones son exprimidos y desmenuzados en cilindros estrujadores. El jugo obtenido se pasa por una prensa para eliminar los residuos como semillas, cáscara y mucílago.

##### **Fermentación**

El zumo contiene azúcar, sustancias gomosas (mucílago) y albuminoides así que se deja en reposo 3 días para que el azúcar se fermente. Las otras sustancias se separan y el jugo se clarifica.

##### **Destilación**

Una vez clarificado, el jugo se destila para separar el alcohol producido por la fermentación.

##### **Concentración**

El jugo libre de alcohol pasa a los evaporadores donde se concentra al vacío hasta llevarlo a una concentración del 50% de ácido cítrico.

##### **Preparación del Citrato de Calcio<sup>47</sup>**

##### **Formación del Citrato de Calcio**

El zumo concentrado es llevado a una temperatura cercana al punto de ebullición y se mezcla agitando poco a poco con lechada de cal o cal apagada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), haciendo que el ácido cítrico sea precipitado al estado de citrato cálcico.

---

<sup>46</sup> ULLMANN, Fritz. Enciclopedia de Química Industrial. Tomo XIV. Urban & Schwarzenberg. Barcelona (1931). 10 – 19.

<sup>47</sup> STOHMANN, F., SCHROETER, G. "Gran Enciclopedia de Química Industrial". Tomo I



### **Descomposición del citrato**

El citrato cálcico se descompone con ácido sulfúrico al 35%. La temperatura se mantiene sobre 70 – 80 °C). Esta operación permite que el ácido cítrico quede libre y se forma el sulfato de calcio insoluble. Posteriormente el flujo es pasado por el filtró prensa para separar el sulfato cálcico precipitado en forma de yeso, de lo cual se obtiene un licor madre con una concentración de 10 – 12 °Bé pasando luego por un recipiente para ser decolorado. Este líquido todavía tiene yeso disuelto para lo cual se pasa a evaporador de vacío; posteriormente se deja el líquido en una caja clarificadora para que el yeso que estaba disuelto se precipite. Una vez clarificado, se deja en un evaporador de vacío durante 24 horas hasta llevarlo a 38 – 40 °Bé.

Luego de ser concentrado, pasa a ser agitado en frío durante 2 días. A partir de aquí se empiezan a formar cristales granulados que luego son separados del licor madre por centrifugación.

Los cristales de ácido cítrico formados se vuelven a disolver para añadirles carborafina o carbón de madera la cual sirve para quitar los metales pesados disueltos los cuales son precipitados con una solución de Sulfuro de Bario.

Esta solución libre de metales es llevada al filtró prensa para retirar el carbón y este es lavado para recircularlo al recipiente de carbón o a descomposición.

La solución es llevada a un cristalizador de vacío donde se forman costras cristalinas las cuales van a la centrífuga para retirar todo el líquido posible adherido a los mismos. De aquí se vierten sobre bandas de papel y se desecan algunos días a 22°C (Temperatura ambiente) y luego se envasan en recipientes, para ser almacenados en lugar fresco.

#### **4.2.1.2 OBTENCIÓN DEL ÁCIDO CÍTRICO POR MEDIO DE ASPERGILLUS NÍGER**

La preparación del ácido cítrico consiste, en términos generales, en una fermentación aeróbica del azúcar, utilizando un cultivo de *Aspergillus Níger* que es un hongo que produce como metabolito primario ácido cítrico, por eso en este proceso se usa como agente fermentador. Luego la posterior purificación, mediante el proceso cal-sulfúrico y la recuperación final del producto.



### **Materias Primas<sup>48</sup>**

- Jarabe de Caña de Azúcar.
- Ácido sulfúrico
- Cal viva, Oxido de Calcio, (CaO)
- Resinas de Intercambio Iónico.
- Amoniaco
- Carbón activado.

### **Preparación del sustrato**

La caña de azúcar es llevada por una prensa hasta un molino de rodillos donde el jugo es extraído de la caña de azúcar. El bagazo es separado y se manda a almacenamiento para su posterior proceso en la generación de vapor.

El jugo que proviene de la molienda se tamiza para eliminar impurezas de flotación y se bombea a un clarificador donde se somete a un proceso de encalado mediante la adición de lechada de cal. La mezcla se calienta y se deja sedimentar en un tanque aclarador. Los lodos sedimentados se filtran al vacío con tambores rotatorios continuos para recuperar la sacarosa que se encuentra en ellos. El jugo limpio, que tiene una composición de 14% de sólidos solubles (14°Brix), se somete a un proceso de esterilización en el cual se calienta hasta una temperatura de 121°C con vapor en un intercambiador de tubos y coraza durante 15 minutos. Este proceso de esterilización contribuye a la destrucción de todos los organismos patógenos, así como de todos los organismos que causen degradación del producto, y de aquellos que compitan posteriormente en la etapa de fermentación.

### **Fermentación**

Una vez pasteurizado, es bombeado al fermentador el cual es un recipiente rígido de 150 m<sup>3</sup> en donde se lleva a cabo la transformación de la sacarosa en ácido cítrico por medio del *Aspergillus Níger*. El *Aspergillus Níger* es inoculado en este fermentador. Se hace el ajuste del pH y se añaden nutrientes (amoniaco NH<sub>3</sub>, sales de fermentación). El aire estéril se burbujea dentro del fermentador. Luego de la fermentación, el flujo es pasado por un filtro rotatorio al vacío para separar el micelio. La masa conformada por el micelio y el microorganismo muerto se denomina biomasa o torta y constituye un subproducto o un efluente del proceso.

---

<sup>48</sup> CARVAJAL C., Fabricio; ROJAS D., Carlos. Diseño de un proceso del filtrado de Citrato Tricálcico. Tesis Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle. Cali (1993).



### **Purificación del ácido cítrico**

El ácido cítrico debe ser separado del micelio, el microorganismo muerto, el azúcar residual, las proteínas producidas por la fermentación y otras impurezas solubles. Para lo cual se lleva a cabo el proceso denominado cal-sulfúrico: se basa en tratar el licor madre con una lachada de la cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$  cal apagada) de lo cual se forma citrato de calcio. Este citrato resultante es lavado y el micelio es filtrado. Posteriormente se añade ácido sulfúrico para descomponer el citrato de calcio. Por lo tanto en esta etapa se forma sulfato de calcio el cual es retirado de la solución por medio de un filtro rotatorio al vacío y se constituye como un desperdicio o como un subproducto del proceso.

### **Celdas primarias de carbón activado**

En estas celdas son removidas las impurezas solubles que producen color a la solución de Ácido Cítrico y en general sustancias orgánicas contenidas en el licor. Debido que a lo largo del proceso se añaden sustancias que aumentan la cantidad de iones contenidos en la solución de ácido Cítrico, antes de cristalizarlo hay que retirar estos iones ( $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{SO}_4^-$ ) para estos se usan celdas de resinas de intercambio iónico.

La corriente alimenta los evaporadores de doble o de triple efecto donde se busca retirar la mayor cantidad de agua para pasar al cristizador.

### **Cristalización**

En este proceso se separan los cristales formados del líquido saturado que se denomina licor madre. Este licor se recircula a la etapa de intercambio iónico (celdas de carbón) o al tanque de tratamiento por cal. Los cristales de ácido cítrico húmedos se redisuelven y se recrystalizan al vacío. Luego pasan a la centrifuga en donde es eliminado el licor madre de los cristales formados.

### **Secado**

Se realiza en un equipo de lecho fluidizado, que permite retirar humedad hasta cumplir con las especificaciones.

### **Clasificación**

Estos cristales son alimentados a un clasificador con 4 mallas en el interior. Aquí se separan en tres presentaciones (cristal, granular y granular fino). Es rechazado cualquier material fuera de los tamaños estándares, es decir, los terrones y el polvillo.



---

### **Empaque**

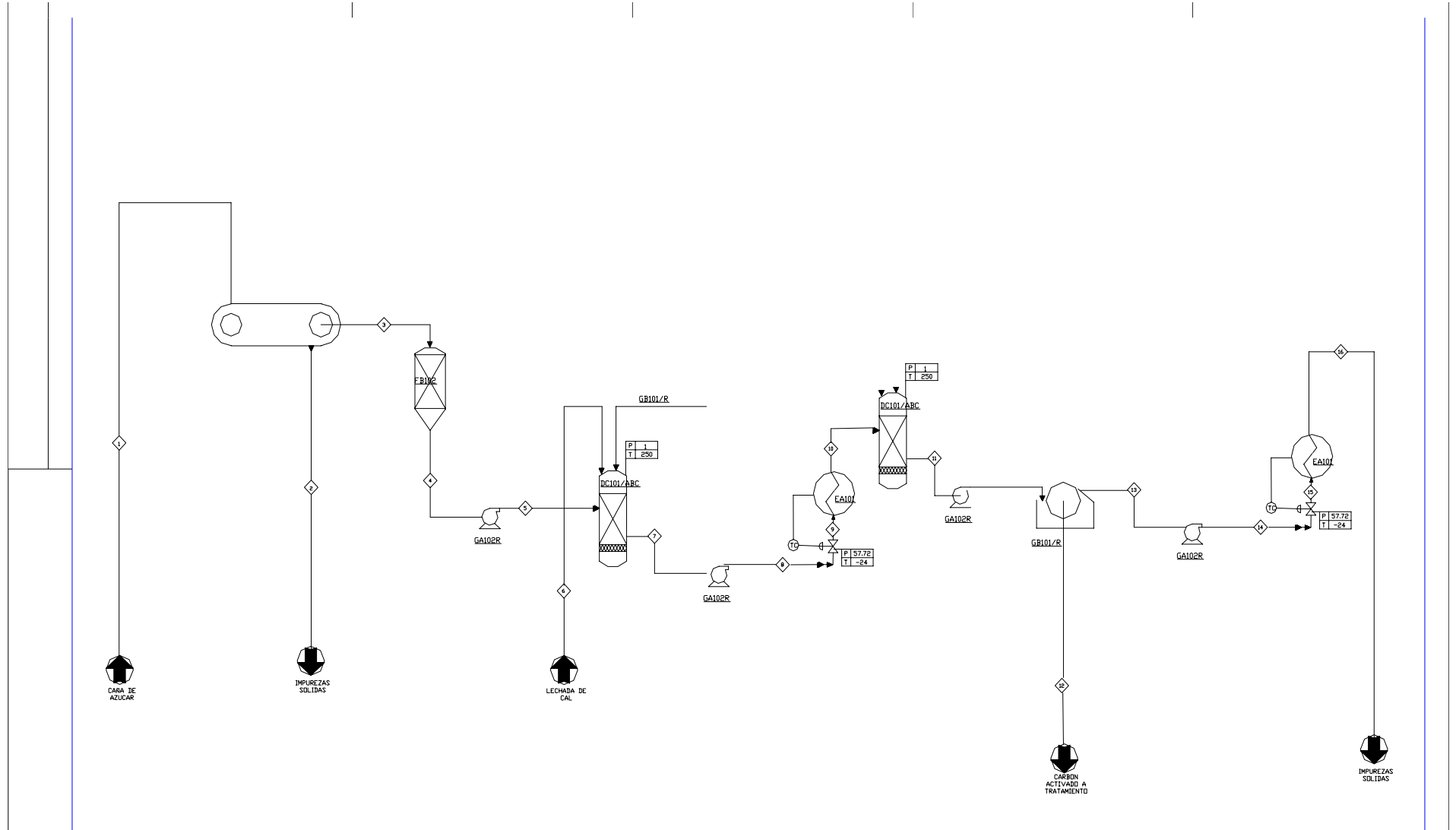
Los tamaños anteriormente clasificados son empacados en bolsa interior de polietileno de 50 kg y exterior de polipropileno.



CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TÉCNICO



FIGURA 4.2.1 PROCESO DE OBTENCIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR



OP	FECHA	MCA	REVISIONES	FECHA	POR	VAL	NUMERO	DIAGRAMAS DE REFERENCIA	APROBADO POR
	NOV-07	0	DESCRIPCIÓN						
			Aprobado para Ingeniería de Detalle						

DIB.:	MSC	JUN-08
PROY.:	DGG	
REV.:		
COORD.:		
APROB.:		

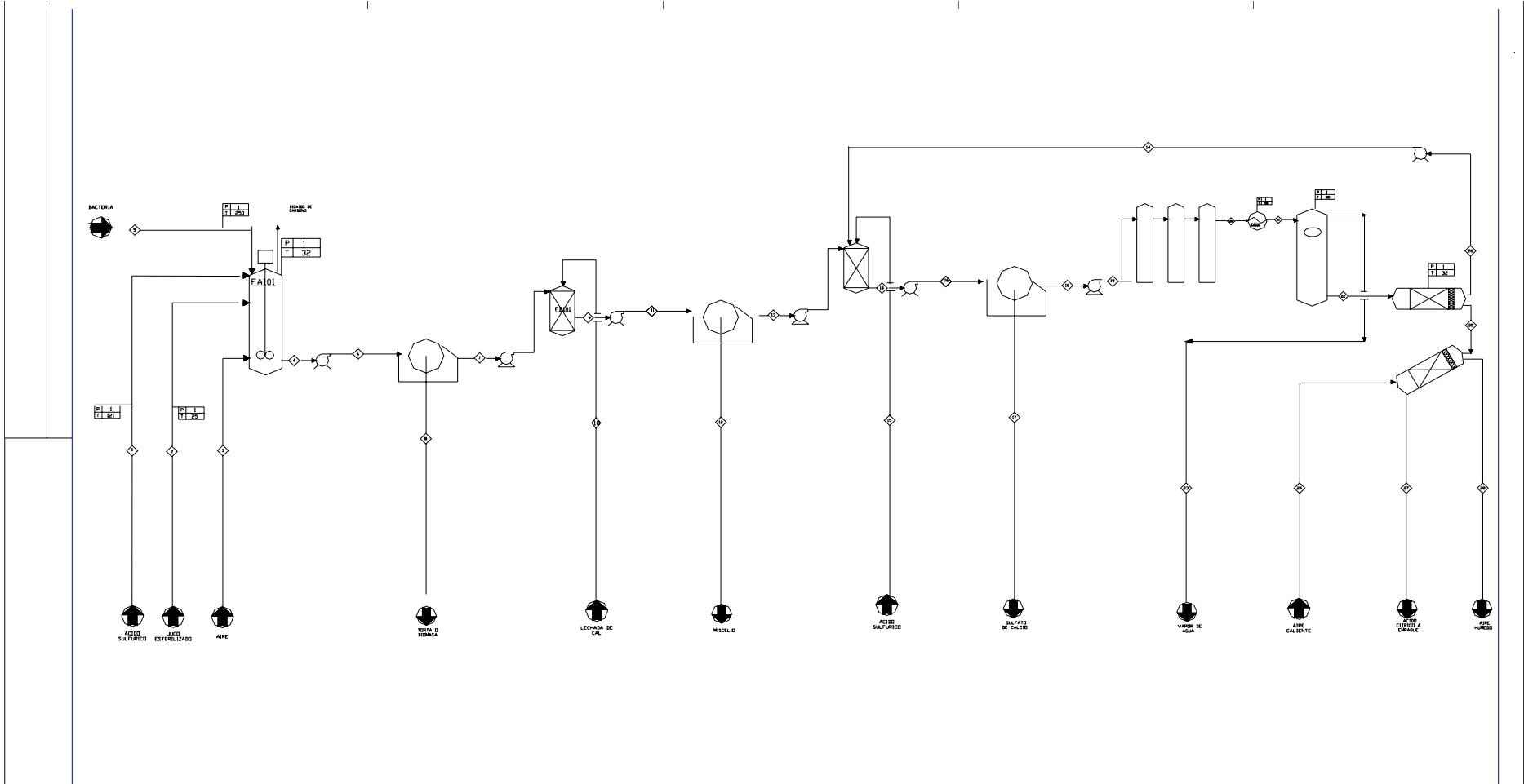
  

DIBUJO ELABORADO EN MÉXICO D.F.		ENC-08	ESC. SIN	ACOT. SIN	NO. PROY.	A-001	REV.:
							0

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PRODUCCIÓN DE JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR



**FIGURA 4.2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN ÁCIDO CÍTRICO**



CP	FECHA	REVISIONES	FECHA	POR	VOL.	NUMERO	DIBUJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR:
	NOV-07	0	Aprobado para Ingeniería de Detalle					



DIBUJO ELABORADO EN MÉXICO D.F. ENE-08 ESC. SIN ACOT: SIN

DIB.	MSC	JUN-08
PROY.	DGG	
REV.		
CORD.		
APROB.		

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PRODUCCION DE ACIDO CITRICO





El desarrollo de la tecnología mas apropiada para la producción de etanol o de ácido cítrico debe de estar justificada con una política de desarrollo sustentable, para poder integrar las nuevas oportunidades de negocio como plataforma para el desarrollo regional de las localidades que estén interesadas en el crecimiento de la agroindustria de la caña de azúcar.

La viabilidad económica n de la producción de etanol anhidro y de ácido cítrico en nuestro país depende de varios aspectos a considerar.

- Costo de la materia prima a emplear
- Autosuficiencia energética, apartir de bagazo de la caña. Cero petróleo
- Economía de escala (mayor tamaño de las destilerías)
- Incorporación de la cogeneración, con entrega de la electricidad a la red publica en el ingenio.
- Introducción de la biotecnología para mejorar los procesos de fermentación.
- Subsidios a la agricultura (producción de caña destinada para etanol y/o exportación de azúcar al mercado mundial).



---

# **CAPÍTULO 5**

## **ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA PLANTA DE ÁCIDO CÍTRICO**



## 5.1 ANÁLISIS FINANCIERO

En el siguiente capítulo se buscara revelar la estrategia que se tendrá que seguir para evaluar las propuestas técnicas.

La evaluación de proyectos es un proceso por el cual se determina el establecimiento de cambios generados por un proyecto a partir de la comparación entre el estado actual y el estado previsto en su planificación. Es decir, se intenta conocer qué tanto un proyecto ha logrado cumplir sus objetivos o bien qué tanta capacidad poseería para cumplirlos.

En una evaluación de proyectos siempre se produce información para la toma de decisiones, por lo cual también se le puede considerar como una actividad orientada a mejorar la eficacia de los proyectos en relación con sus fines, además de promover mayor eficiencia en la asignación de recursos.

Los criterios de valoración y selección de inversiones pueden resumirse de la forma que se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Criterios de valoración y selección de inversiones

TIPO DE CRITERIO	CARACTERÍSTICA ECONÓMICA	MÉTODOS
NO FINANCIEROS (ESTÁTICOS)	No toman en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja y el valor del dinero en el tiempo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Flujo de caja (Cas Flow)</li><li>• Tasa de rendimiento contable</li><li>• Periodo de recuperación ( Pay Back)</li></ul>
FINANCIEROS DINÁMICOS	Tienen en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja y el valor del dinero en el tiempo mediante la actualización o descuento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Valor presente neto (VPN)</li><li>• Taza interna de retorno (TIR)</li></ul>



## 5.2 Desarrollo del proyecto

Para poder estimar la utilidad de un proyecto de instalación de una planta de ácido cítrico, se cotizó la tecnología actualmente más comercial. Se presenta una estimación a groso modo del costo de instalación de una planta productora de ácido cítrico, con una producción anual a las 5000 toneladas.

Los costos de instalación son una estimación que el fabricante proporcionó en su cotización.

<b>COSTO PROYECTO PLANTA DE ÁCIDO CÍTRICO</b>					
CONCEPTO	Horas Hombre	Tasa de salarios	Costo Mano de obra	Costo Materiales	Costo Total
Equipo de proceso	1,433	20.28	29,063	2,570,896	2,599,959
Tubería	7,307	23.17	169,289	123,532	292,821
Obra Civil	2,539	17.04	43,279	40,175	83,455
Instrumentación	3,956	22.78	90,130	631,215	721,345
Ing. Eléctrica	3,218	21.04	67,701	307,040	374,741
Aislamiento	1,596	19.58	31,247	33,865	65,112
Pintura	1,172	15.66	18,361	6,838	25,199
<b>Costos de Construcción</b>	<b>21,224</b>		<b>449,116</b>	<b>3,713,690</b>	<b>4,162,806</b>
Costos indirectos de Construcción	<b>6,877</b>				<b>804,000</b>
<b>Gastos Totales en campo</b>	<b>28,101</b>				<b>4,966,806</b>
Transportación					148,500
Impuestos y permisos					232,100
Ingeniería	17,001				1,160,400
Otros costos del proyecto					444,639
Contingencias					1,251,440
<b>Gastos Totales diseño</b>	<b>17,001</b>				<b>3,237,079</b>
<b>Costo total del proyecto</b>					<b>8,203,885</b>



### 5.3 Calculo del estado de resultados del proyecto

1.- Costos de materia prima caña de azúcar.

En México para la zafra del 2008 el costo promedio de caña de azúcar es de 30 USD por tonelada de caña.

2.- Las materias primas adicionales

Material	Cantidad Requerida	Unidad	Costo Unitario USD	Costo Total
Ácido sulfúrico	120.00	Kg	USD\$0.78	\$93.60
Hidróxido de sodio	80	Kg	USD\$0.18	\$14.40
Catalizador	1	lote	USD\$20.00	\$20.00
<b>Costo total por tonelada producida</b>				<b>USD\$128.00</b>
<b>Costo de materias primas por año en USD</b>				<b>\$634,880.00</b>

3. Los costos indirectos de producción.

Material	Cantidad Requerida	Unidad	Costo Unitario Pesos	Costo Total
Electricidad	300	Kwh	\$2.00	\$600.00
Combustible	200	Kg	\$1.00	\$200.00
Gas	100	Lts	\$4.00	\$400.00
Diesel	20	Lts	\$6.50	\$130.00
Costal	40	Pza	\$2.00	\$80.00
Hilo	1	Pzas	\$15.00	\$15.00
Agua	1000	Lts	\$0.11	\$110.00
<b>Costo total por tonelada producida</b>				<b>\$1,535.00</b>
<b>Costo de materias primas por año pesos</b>				<b>\$7,613,600.00</b>
<b>Costo de materias primas por año dólares</b>				<b>\$711,551.40</b>



## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA PLANTA DE ÁCIDO CÍTRICO



### 4.- Los salarios

<b>Personal Requerido</b>	<b>Personas</b>	<b>Nomina Pesos</b>
Personal gerencial	8	192,400
Personal administrativo	33	250,900
Personal operativo	15	71,370
Personal producción	38	150,020
<b>Total mensual</b>	<b>94</b>	<b>\$664,690</b>
Total anual pesos		\$ 7,976,280
Total anual dólares		\$ 745,446



**CAPÍTULO 5: ANÁLISIS FINANCIERO  
DE UNA PLANTA DE ÁCIDO CÍTRICO**



<b>ESTADO DE RESULTADOS</b>											
CONCEPTO	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	
Caña Ton	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	93,000	
Producción Ton	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	4,960	
Precio USD/Kg	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
Costo Caña USD/TON	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Ventas	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	\$8,432,000	
<b>Egresos Directos</b>											
Caña ton	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	\$2,790,000	
Materia prima	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	\$634,880	
Salarios	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	\$745,447	
Costo de producción	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	\$711,551	
Subtotal	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	\$4,881,878	
<b>UTILIDAD OPERACIÓN</b>	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	\$3,550,122	
<b>Egresos Indirectos</b>											
Mantenimiento	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	\$95,700	
Depreciación	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	\$260,000	
Costos Fijos	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	\$308,411	
Subtotal	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	\$664,111	TIR
Utilidad Bruta	<b>-\$8,203,885</b>	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	\$2,886,011	33.1%
Costo Unitario	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	\$1.298	
VPN .	<b>-\$5,580,239</b>	<b>-\$3,195,106</b>	<b>-\$1,026,804</b>	\$944,380	\$2,736,366	\$4,365,444	\$5,846,424	\$7,192,769	\$8,416,719	\$9,529,401	



---

## 5.4 Resultados

El proyecto en el peor escenario donde no hay crecimiento en la producción, se obtiene un VPN de USD \$ 9,529,401 y una TIR de 33.1%. Por lo tanto La producción de ácido cítrico es una alternativa rentable para ser considerada por el sector de la actual agroindustria de la caña de azúcar, por lo que

Para poder seleccionar la estrategia más rentable no es necesario solo un proyecto como el que se tiene, sino que se necesitaría la evaluación de un plan de negocios, en este punto es donde se pueden visualizar en el dominio del tiempo que proyectos puede ser más rentable y con menos riesgo

El desarrollo de la producción de ácido cítrico se caracteriza por los elevados costos por concepto de energía, materias primas y productos químicos que se requieren para el proceso, por tanto la integración a una fábrica de azúcar mitigaría en parte este complicado problema y constituiría una vía más de diversificación de la industria azucarera.





---

# **CAPÍTULO 6**

# **CONCLUSIONES**

# **Y**

# **RECOMENDACIONES**



### **CONCLUSIONES GENERALES**

Las medidas económicas hechas por el gobierno de México para proteger la agroindustria cañera actualmente ya no son posibles de efectuar porque no cumplen con los compromisos internacionales del libre comercio que nuestro país tiene firmado.

La agroindustria de la caña de azúcar se encuentra en un momento crucial, ya que enfrenta muchas dificultades muy complejas (atraso tecnológico, bajos rendimientos por hectárea de caña de azúcar, altos costos de producción, baja rentabilidad, encono social, etc.), son muchos factores que se necesitan ser analizados para poder llevar este sector adelante.

Se necesita que los productores de caña sean involucrados en los ingenios para garantizar el abasto y a la vez sean participes en las utilidades como una posible estrategia de integración.

El resultado de la investigación, se sustenta que existen oportunidades de negocio para otros subproductos de la caña de azúcar, aunque solo sean de impacto regional, el ácido cítrico y el etanol tienen un consumo nacional por lo tanto sin una oportunidad de inversión.

Los procesos de producción de los subproductos de la caña de azúcar sobre la producción de etanol en México, pudiéndose señalar entre ellos la necesidad de mantener un campo equilibrado capaz de hacer frente a unos cuantos años más el reto de suministrar grandes cantidades de azúcar al principal mercado mundial al amparo del TLC, siempre y cuando los Estados Unidos no impongan sus conocidas salvaguardas.

La producción de caña de azúcar en México es inminente de temporal con grandes fluctuaciones y si se llegara a establecer topes a la producción, se podría correr el riesgo de incumplir con el criterio de país superavitario en la producción de azúcar.

Es obligado realizar un estudio de mercado con miras a comercializar el alcohol anhidro para otros fines distintos al energético.

### **CONCLUSIONES PARTICULARES**

La evaluación del mercado de la industria azucarera y el mercado nacional marca una tendencia que al no existir una política de protección al precio del azúcar nacional, la introducción al mercado de edulcorantes, que son mas económicos podría sustituir el azúcar o en su defecto ganar la batalla en el mercado de la oferta y la demanda es por ello que es necesario encontrar diversificación de la industria azucarera hacia otros productos.



La evaluación técnica de los procesos de los productos del ácido cítrico y del etanol fueron analizados no profundizando en ellos ya que se consideró que cada uno sería un tema de tesis o estudio por separado para evaluar todas las vertientes al producir el producto por separado o el integrarlo a algún ingenio azucarero.

La evaluación para la integración de otros productos derivados de la caña de azúcar basada en el mercado no fue posible realizarla como al principio se propuso, ya que no se encontraron datos de producción y de PIBs de los productos para poder realizar un consumo aparente y proyectar con los datos y obtener así una capacidad instalada de la planta de los productos o producto seleccionado es por ello que se resolvió trabajar con estos datos como referente para plantear tres escenarios en donde se ven involucrados todos los participantes de la agroindustria de la caña de azúcar logrando obtener un escenario propuesto en base a los datos del estudio técnico y del análisis estadístico.



---

# **ANEXO “A”**

## **PROPIEDADES BIOQUÍMICAS DE LOS EDULCORANTES**



## PROPIEDADES BIOQUÍMICAS

Se considero necesario incluir el presente anexo ya que en el capítulo I, subtema 1.5 en el que se menciona brevemente las propiedades bioquímicas que al consumir fructuosa, azúcar, y edulcorantes podrían causar en el organismo humano, se explica muy breve es por ello es que en este anexo nos extenderemos un poco en ese aspecto. Si se comparara los edulcorantes y las consecuencias que estas sustancias ocasionan al organismo humano, a largo plazo según los estudios médicos ya realizados, hacen mención de que forma podría afectar la salud de las personas que lo ingieran.

En los últimos años, ha habido grandes avances en lo que respecta a la comprensión de cómo influyen los carbohidratos en la nutrición y la salud humana. El progreso en las investigaciones científicas ha puesto en relieve las diversas funciones que tienen los carbohidratos en el cuerpo y su importancia para gozar de una buena salud.

### Hidratos de carbono o carbohidratos

Forman un grupo de compuestos que contienen carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Las plantas verdes y las bacterias fotosintetizadoras los producen en el proceso conocido como fotosíntesis, durante el cual absorben el dióxido de carbono del aire y, por acción de la energía solar, producen glucosa y otros compuestos químicos necesarios para que los organismos sobrevivan y crezcan.

<b>Clasificación de carbohidratos</b>	
Monosacáridos	Glucosa, fructosa, galactosa
Disacáridos	Sacarosa, lactosa, maltosa
Polioles	Isomaltosa, sorbitol, maltitol
Oligosacáridos	Maltodextrina, fructo-oligosacáridos
Polisacáridos	Almidón: Amilosa, amilopectina
Polisacáridos	Sin almidón: Celulosa, pectinas, hidrocoloides

Fuente: Creación propia con datos de <http://www.biologia.edu.ar/2007>

Existen algunos de los carbohidratos que desconocemos es por ello que se efectuara un resumen de cada uno de ellos para que podamos conocer algunos de sus conceptos y saber concretamente de que estamos hablando.



Glucosa.- sólido cristalino de color blanco, algo menos dulce que el azúcar destinado al consumo. Este azúcar monosacárido de seis carbonos, de fórmula  $C_6H_{12}O_6$ , se caracteriza por tener una función hidroxilo (OH) (característica de los alcoholes) en cada uno de los carbonos, excepto en el primero donde presenta una función aldehído. Se encuentra en la miel y en el jugo de numerosas frutas. Se produce en la hidrólisis de numerosos glucósidos naturales.

Fructuosa.- o levulosa, es una forma de azúcar encontrada en las frutas y en la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la glucosa pero con diferente estructura. Es una cetohexosa (6 átomos de carbono). Su poder energético es de 4 kilocalorías por cada gramo. Su fórmula química es  $C_6H_{12}O_6$ .

Disacáridos.- Estos compuestos están constituidos por la unión de dos monosacáridos

Sacarosa.- es la principal forma en que los azúcares se transportan a través del floema (vasos conductores de savia en los vegetales), desde las hojas hasta los sitios de la planta donde son requeridos. Es soluble en agua y ligeramente soluble en alcohol y éter. Cristaliza en forma de agujas largas y delgadas siendo dextrógira. Por hidrólisis (separación por medio de agua ya que se necesita una molécula de agua para que queden completos ambos monosacáridos) rinde una mezcla de glucosa y fructosa, que resulta levógira por lo que esta mezcla se conoce como "azúcar invertido". Recordemos que se designa a un compuesto como levógiro si desvía la luz polarizada a la izquierda y dextrógiro si lo hace a la derecha. En el intestino delgado (humano), la "inversión" y separación tiene lugar gracias a la intervención de las enzimas invertasa y sacarasa.<sup>1</sup>

Lactosa.- Azúcar que sólo aparece en la leche, aquí la glucosa se combina con galactosa (hexosa que presenta funciones hidroxilos y una función aldehído).

Polisacáridos.-Son monosacáridos unidos entre sí por uniones glucosídicas en largas cadenas. Pueden o no tener el mismo tipo de monosacárido como eslabón en esas cadenas. Los principales son: almidón, celulosa y glucógeno.

Almidón.- es la forma principal de almacenamiento de glucosa en la mayoría de las plantas. Es fabricado por las plantas verdes durante la fotosíntesis. Forma parte de las paredes celulares de las plantas y de las fibras de las plantas rígidas. A su vez sirve de almacén de energía en las plantas, liberando energía durante el proceso de oxidación en dióxido de carbono y agua. Los gránulos de almidón de las plantas presentan un tamaño, forma y características específicos del tipo de planta en que se ha formado el almidón. Existe en dos formas: <sup>2</sup>

Amilosa.- que constituye el 20 % del almidón ordinario, los grupos están dispuestos en forma de cadena continua y rizada, semejante a un rollo de cuerda.

<sup>1</sup> <http://www.biologia.edu.ar/> marzo 2007

<sup>2</sup> Curso de Alimentación y Salud 1\_1 Glúcidos.mht



Amilopectina.- se produce una importante ramificación lateral de la molécula, pero ambas están formadas por unidades de glucosa unidas entre si por enlaces glicosídicos alfa 1-4.

## **Edulcorantes**

Sacarina .- La sacarina es uno de los más antiguos edulcorantes. Descubierta en 1879 por Ira Remsen y Constantine Fahlberg de la Universidad Johns Hopkins. Químicamente es una Imida o-sulgo benzoica. Denominado en la industria alimentaria con las siglas **E954**.

Aspartamo.- Aspartamo o aspartame es el nombre de un edulcorante artificial, no carbohidrato, *Aspartil-fenilalanina-1-metil éster*; p.e. el metil éster del aminoácido aspártico y la fenilalanina. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 951 dentro de la clasificación de Números E. Es 160 veces más dulce que el azúcar sacarosa y posee un valor energético de 4 calorías por gramo. Es totalmente metabolizado por el organismo, su hidrólisis produce ácido aspártico, metanol y fenilalanina.

Ciclamatos.- Ciclamato es el nombre común del ciclohexilsulfamato. Denominado en la industria alimenticia con las siglas E 952. El ciclamato es un edulcorante no calórico descubierta en 1937, que ha sido considerado hasta 50 veces más dulce que otros endulzantes bajos en calorías.

Los edulcorantes son sustancias que endulzan los alimentos. Se pueden dividir en naturales o sintéticos o en función de su contenido energético en calóricos y acalóricos. Son calóricos naturales la sacarosa, la fructosa, la glucosa, la lactosa y los polialcoholes. Los sintéticos acalóricos son la sacarina, el aspartamo y los ciclamatos. La fructosa, llamada también levulosa es el azúcar de las frutas y de la miel, es casi una vez y media más dulce que la sacarosa, aunque su valor calórico sea igual. De hecho la fructosa es el azúcar natural con mayor poder endulzante.

Los estudios relacionados con la obtención de la fructosa de segunda generación se asocian en Estados Unidos, a los problemas de salud enlazados con la obesidad y la diabetes además de intereses estrictamente económicos.<sup>3</sup>

Las variedades 42 y 55 debido a sus propiedades físico-químicas y poder endulcolorante, alta fermentación, gran poder humectante, color blanco transparente, gusto que no cubre todos los sabores, viscosidad apropiada, es un serio competidor de la sacarosa. Para comparar el poder endulcolorante y si se le da un valor base uno a la sacarosa, la fructosa tendrá en igualdad de peso seco de 1.3-1.5 (dependiendo la concentración); la lactosa de 0.25 a 0.3, la dextrosa de 0.6-0.7, alrededor de 30 para los ciclamatos, 180 para el aspartamo y cerca de 300 para la sacarina.

<sup>3</sup> <http://www.Tomar.edulcorante.engorda>, mayo 2007 entrevista a Elba Albertinazzi, presidenta de la Asociación Argentina de Médicos Naturistas,



Metabolismo de la glucosa y la fructosa: Pese a que los azúcares de mayor consumo proporcionan básicamente la misma cantidad de calorías el cuerpo las metaboliza y utiliza de distintas maneras. La glucosa de fuentes dietéticas, se digiere, se absorbe, se transporta hacia el Hígado y luego se libera en el torrente sanguíneo. Muchos tejidos absorben la glucosa de la sangre para obtener así la energía que necesitan, para este proceso, se requiere de Insulina.

La fructosa se metaboliza principalmente en el hígado pero, a diferencia de la glucosa no requiere insulina para que el cuerpo pueda utilizarla. Especulaciones dicen que hay una relación entre los altos índices de obesidad en los estados Unidos y el uso de los Jarabes de Alta fructosa en los alimentos. <sup>4</sup>

El respaldo científico es que al consumir fructosa puede no saciar tanto como otros carbohidratos porque no estimula la secreción de insulina y de leptina y porque no suprime la producción de grelina, todas ellas hormonas que regulan el apetito y por lo tanto el consumo de alimentos. Estas especulaciones son muy complicadas de demostrar, ya que la mayoría de las personas consume la fructosa acompañada con glucosa en su dieta, por lo que el creciente porcentaje de obesidad obedece según a la mala alimentación y la falta de actividad física.<sup>5</sup>

Ponerle edulcorante al café no es, necesariamente, sinónimo de estar a dieta: “Ya me acostumbré y me gusta más así que con azúcar”, dicen muchos. Otros lo utilizan porque están siguiendo una dieta para adelgazar sin saber que el consumo de edulcorantes causa el efecto contrario al que buscan:

“Los edulcorantes alteran la percepción de las papilas gustativas, produciendo una especie de acostumbramiento, que obliga a consumir alimentos y bebidas cada vez más dulces y cada vez en mayor cantidad”, explica la doctora Elba Albertinazzi, presidenta de la Asociación Argentina de Médicos Naturistas, mientras define a los edulcorantes: “La sacarina, el ciclamato, el aspartamo (o aspartame), el acetodulfamo K y la sucralosa, son sustancias sintéticas o modificaciones de sustancias naturales (como la sucralosa) que dan sabor dulce a los alimentos y las bebidas, sin aportar calorías”. <sup>6</sup>

Si ingerimos alimentos o bebidas edulcoradas en forma habitual es más difícil abandonarlos que el mismo azúcar natural, porque una persona que se acostumbra a consumir edulcorantes no 'siente' el sabor del azúcar ya que ésta no alcanza a estimular el gusto dulce tanto como los edulcorantes.

Por otro lado los hidratos de carbono (que poseen sabor dulce) tienen una función energética y existen hormonas que detectan el 'sabor dulce' y lo relacionan con la entrada de glucosa en el torrente sanguíneo para suministrar energía que el organismo puede usar en el momento para la contracción muscular -por ejemplo los deportistas- o depositarla como glucógeno en el hígado. Cuando ingresa glucosa, el glucógeno de depósito se transforma en grasa. El edulcorante tiene sabor dulce, más intenso aún que el de la glucosa, pero no provee energía. Entonces, cuando el

<sup>4</sup> [Htp://ific.org/sp/publications/qa/fructosequesp.cfm](http://ific.org/sp/publications/qa/fructosequesp.cfm).

<sup>5</sup> Aportes, revista de la facultad de economía BUAP. Año VII Num.19 La expropiación resuelve la crisis azucarera, nuevos y viejos conflictos, pg 118.

<sup>6</sup> [Htp://www.Tomar.edulcorante.engorda](http://www.Tomar.edulcorante.engorda), mayo 2007 entrevista a Elba Albertinazzi, presidenta de la Asociación Argentina de Médicos Naturistas,





organismo reconoce el sabor pero no puede realizar sus funciones porque en realidad no hay azúcar, sólo consigue transformar el poco glucógeno en grasa y esto puede ocasionar 'hígado graso' si queda en el hígado o aumentar el tejido adiposo. Y así es como los edulcorantes provocan aumento de peso.

Además, al detectar que no hay glucosa, se estimula el apetito sobre todo de los alimentos que naturalmente tendrían que proveer energía: azúcares y lípidos. Y al seguir comiendo alimentos "light" (bajos en calorías, 0% de grasas) se produce un círculo vicioso, con aumento de la cantidad de comida....y aumentos en los depósitos de grasas. Por eso, los alimentos y bebidas Light o dietéticas, no consiguieron disminuir la epidemia mundial de obesidad y diabetes: al contrario, aumentó su incidencia en el mundo civilizado...y actualmente en los países como China, donde se introdujeron en los últimos años. <sup>7</sup>

Y para ponerles nombre y apellido a los culpables, se hace un recorrido por los distintos tipos de edulcorantes, sus orígenes y sus efectos sobre la salud

---

<sup>7</sup> [Http://www.Tomar.edulcorante.engorda](http://www.Tomar.edulcorante.engorda), mayo 2007 entrevista a Elba Albertinazzi, presidenta de la Asociación Argentina de Médicos Naturistas.



Tabla 1

Sustancia	Beneficios	Deterioros
Azúcar	La principal función del azúcar es proporcionar la energía que nuestro organismo necesita para el funcionamiento de los diferentes órganos, como el cerebro y los músculos. Sólo el cerebro es responsable del 20% del consumo de energía procedente de la glucosa, aunque también es necesaria como fuente de energía para otros tejidos del organismo ya que todas las células del cuerpo humano son capaces de oxidar glucosa	Existen mitos y realidades de que el azúcar en cantidades excesivas puede producir daños a la salud como son la diabetes, caries, hiperactividad en los niños, insomnio y puede causar sobrepeso.
Fructuosa	En el caso de personas diabéticas, el consumo de fructosa en cantidades moderadas no representa un riesgo.	Se sabe que estos compuestos actúan a nivel del ácido desoxirribonucleico, ADN, y sobre la movilización de las grasas en el hígado induciendo disfunción y necrosis hepáticas con daños similares a los de la cirrosis y la hepatitis, por lo que en ocasiones se confunde a la aflatoxicosis con estas dos enfermedades. En estas condiciones, la concentración de ATP cae activándose la glucólisis y la producción de lactato, la cual podría alcanzar niveles en sangre que ponen en peligro la vida. Otro efecto, es la inhibición por el ATP de la enzima que degrada la adenina y que promueve la formación de ácido úrico produciendo hiperuricemia, la cual es causante de la enfermedad llamada "gota".
Sacarina	No se transforman en glucosa en el organismo. no se adhieren a la dentadura ni se fermentan con las bacterias de la boca, por lo tanto no producen caries.	Debe evitarse durante el embarazo, pues atraviesa la placenta, y se ha observado un efecto indeseable sobre el feto en los animales. Es un derivado de las sulfamidas y puede causar alergia en algunas personas, su eliminación por orina produce una irritación crónica.
Aspartamo	No se transforman en glucosa en el organismo. no se adhieren a la dentadura ni se fermentan con las bacterias de la boca, por lo tanto no producen caries.	Se le relacionó con cáncer de vejiga, y con posibles efectos dañinos sobre el embrión o el feto, pero no se han detectado problemas en las cantidades utilizadas habitualmente; a pesar de ello, por las dudas y por el desconocimiento que se tiene, su uso no es



		demasiado recomendable, sobre todo en niños, ya que se usa en bebidas y postres.
Ciclamatos	No se transforman en glucosa en el organismo. no se adhieren a la dentadura ni se fermentan con las bacterias de la boca, por lo tanto no producen caries.	Tiene un poder edulcorante muy alto (200 veces superior al del azúcar de mesa), su consumo debe limitarse en las personas que padecen fenilcetonuria. No soporta temperaturas altas , por lo que no se usa para cocciones al horno.
Acesulfamo K	es 200 veces más dulce que la sacarosa, y presenta gran estabilidad en las aplicaciones alimenticias	No se metaboliza: se excreta sin cambios.
Sucralosa	Splenda(R) o aditivo E955-. Es 320 a 1000 veces más dulce que la sacarosa, casi el doble de la sacarina y cuatro veces más dulce que el aspartamo. La sucralosa se extrae del azúcar a través de un proceso patentado de varios pasos que sustituye selectivamente tres átomos de grupos hidróxilo por tres átomos de cloro en la molécula de sacarosa. Los átomos de cloro crean una estructura molecular que es excepcionalmente estable y unas 600 veces más dulce que el azúcar,	El exceso de cloro es tóxico para el organismo.
Jarabe de maíz de alta fructosa	Ha reemplazado al azúcar en muchos alimentos y bebidas, por su mayor poder edulcorante y solubilidad que le permite incorporarse fácilmente a los productos, por sus propiedades funcionales que realzan el sabor, el color y la estabilidad del producto y por su bajo precio. Además sinergiza el potencial edulcorante de la sacarosa y de otros edulcorantes no nutritivos y por eso se usa industrialmente.	Produce graves daños en la salud: La sobrecarga del hígado con fructuosa aumenta el ácido úrico, por lo que puede producir lesiones hepáticas. Secundariamente, estimula la secreción de Insulina, lo que aumenta el apetito



Debe quedar claro que el exceso en el consumo de edulcorantes artificiales puede ser perjudicial para la salud, por lo que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), establecieron un índice de consumo seguro conocido como Ingestión Diaria Máxima Aceptable (IDA).

Según la IDA, la Sacarina debe ser consumida en 5 mg por kg de peso al día, por ejemplo una persona de 70 kilos no debe consumir más de 10 sobres de sustituto de azúcar. La IDA para el Aspartame es de 40 mg por kg de peso al día; una persona de 60 kilos de peso necesitaría consumir 70 sobrecitos de sustituto de azúcar al día para sobre pasar el límite máximo de ingesta permitido de Aspartame.<sup>8</sup>

Pero según los expertos, no conviene abusar de los edulcorantes, porque los sistemas que controlan el nivel de glucosa en la sangre están preparados para funcionar mejor con los azúcares naturales.

---

<sup>8</sup> WHO/FAO (1998) Carbohydrates in human nutrition. FAO food and nutrition paper no. 66. FAO, Rome.



---

# ANEXO "B"

## **VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR**



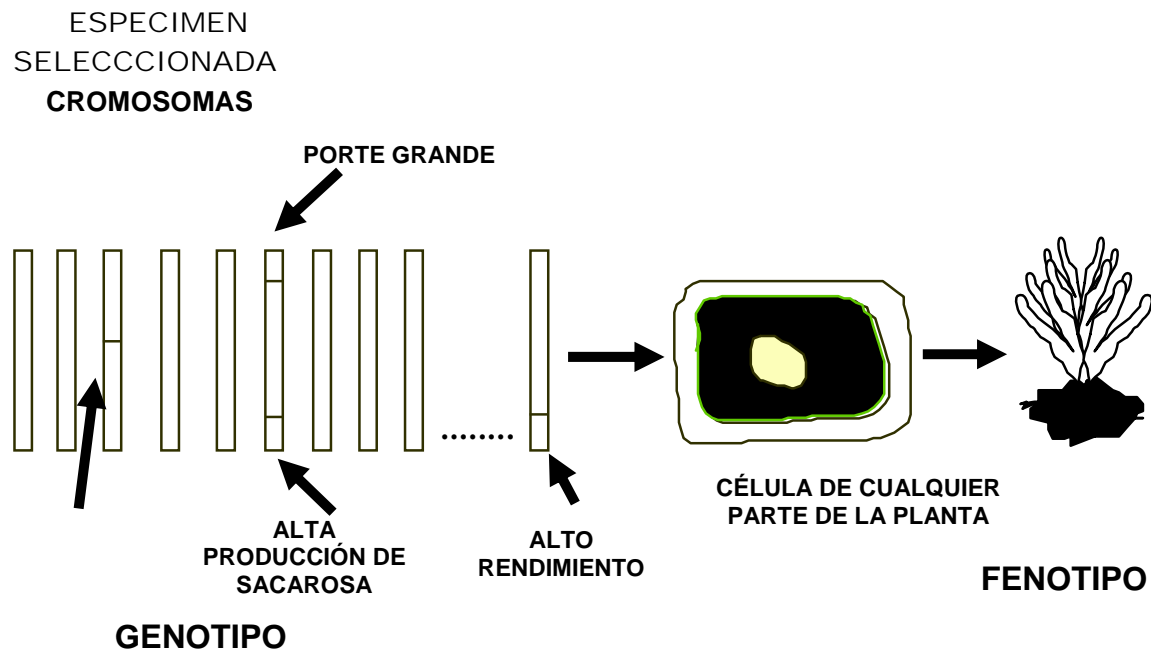
## VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Se considero incluir el presente anexo ya que en países como Brasil el éxito de su obtención de azúcar y subproductos depende del conocimiento de las variedades de la caña de azúcar ya que es muy importante pues dependiendo de la variedad nos podría ayudar a considerar la región en la que se podría producir el o los subproductos de la caña de azúcar de acuerdo a el tipo de variedad de caña que se cultive.

Es por ello que entendiendo el proceso de generación de variedades de caña de azúcar y a continuación se tratara brevemente el origen del mismo.

### EL GENOMA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

- Las variedades de caña comerciales son el resultado de cruza entre varias especies.
- Su genoma es muy grande –más de 7,000 millones de pares de bases; el doble de tamaño del genoma humano.
- El genoma está organizado en más de 100 cromosomas.
- Es un genoma extremadamente redundante, con más de diez copias de cada gen.





## CARACTERÍSTICAS DE LAS REGIONES CAÑERAS EN MÉXICO

La caña se aprovecha para la producción de azúcar, como fruta, forraje y para la producción de piloncillo o panela. Lo que se comenta de aquí en adelante está referido al empleo de la caña para la fabricación de azúcar, a excepción de que se indique otra cosa. La caña de azúcar se produce en diversos, climas, suelos y condiciones culturales en 14 regiones en 15 entidades federativas del país.

El cultivo se sitúa entre los 37° de latitud norte y los 31° de latitud sur. Se encuentra en las costas del Océano Pacífico y del Golfo de México, en el sur de Quintana Roo y comprende una faja transversal sobre el paralelo de los 19° de latitud norte.

Figura 1. Estados Productores de Azúcar de caña en México



El cultivo se desarrolla en un amplio margen de condiciones de humedad, se encuentran zonas con precipitación pluvial de 10 000 mm anuales hasta zonas que experimentan extrema sequía, nortes se presentan en la época de zafra en la costa del Golfo de México, huracanes y ciclones hacen acto de presencia tanto en la costa del Golfo de México como en la costa del Océano Pacífico.

Climatológicamente las temperaturas en los ámbitos cañeros se definen como cálidas, semicálidas y templado – cálidas. En algunas zonas se presentan bajas temperaturas con efecto de heladas. Las zonas cañeras se encuentran en cuatro unidades de suelos predominantes según la clasificación de FAO – UNESCO: Cambisol (55%), Vertisol (15%), Fluvisol (15%) y Luvisol (15%). En términos generales son suelos con pH ácidos o ligeramente ácidos, con bajo contenido de materia orgánica y fertilidad. Generalmente el drenaje superficial es bueno pero en el trópico húmedo se presentan problemas de inundaciones.

La producción de caña de azúcar se distribuye en terrenos de temporal (76.6%) y predios que cuentan con riego (23.4%). Se tienen problemas en el manejo del agua, en la infraestructura hidráulica, en el intervalo y láminas de riego. Se han puesto



en marcha proyectos de riego por goteo, el cual no es mayor debido a la falta de recursos propios y por la carencia de financiamiento. Algunas fuentes señalan que

plagas y enfermedades provocan daños del 10%. Las fuentes documentales y la opinión de los encuestados durante el trabajo de campo concensa la afirmación en cuanto a las enfermedades, no provocan daños significativos en términos económicos, empero, con relación a las plagas existen estudios que indican que el daño provocado puede ser mayor.

Al igual que la determinación del grado de madurez de la caña y la programación del corte, la cosecha es una actividad que desarrolla el ingenio. La organización de esta comprende la contratación de jornaleros, equipo de transporte así como poner atención en los caminos. La cosecha se realiza de forma manual y de forma semimecanizada predominantemente. Como la mayor cantidad de sacarosa se encuentra en la base de los tallos se procura cortar al ras del suelo. Cuando se contraviene lo anterior, una parte de la sacarosa se queda en campo y da lugar al destronque con el consiguiente incremento de los costos de producción. Se procura que la caña cortada no permanezca en campo más de 24 horas, sí ello ocurre, la caña pierde peso y calidad industrial.

#### RENDIMIENTOS REGIONALES DE CAÑA DE AZÚCAR EN CAMPO

REGIÓN	RIEGO TON/HA	TEMPORAL TON/ HA	x
PACÍFICO CENTRO	87	63	75.0
SINALOA	74	30	52.0
GOLFO CENTRO	95	59	77.0
GOLFO NORTE	62	47	54.5
SURESTE	73	60	66.5
CENTRO	106		106.0
MEDIA NACIONAL			71.8

El libre mercado obliga a México a competir con países azucareros a nivel mundial.

	MEXICO	COLOMBIA
Producción en campo por Hectárea	71.8	115
Rendimiento en fábrica	10.9	12.8
Producción de Azúcar por Hectárea	8.1	14.8
Porcentaje de Sacarosa en Caña	13.3	14.5
Sacarosa aprovechada por la industria (eficiencia en fábrica)	85.33	89.8
Costo promedio de producción azúcar refinada por tonelada (US, 2000)	417	330





## EL FACTOR MÁS IMPORTANTE DE LA PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL.

A partir de 1991 es evidente el estancamiento en la introducción de variedades en el cultivo comercial, reduciéndose la diversidad genética disponible; lo cual implica la grave y alta dependencia a un número reducido de alternativas, varietales que no cubren en adaptación y productividad a las diferentes condiciones edafoclimáticas de las distintas regiones cañeras del país.

Debido a la crítica situación de la carencia de variedades nuevas, que no se han generado, en los últimos quince años la dinámica varietal en el campo cañero de México, se mantiene estancada.

Implicaciones:

- Desaprovechamiento de los recursos agroclimáticos
- Desaprovechamiento del potencial genético de las variedades de caña (bajo rendimiento de campo y fábrica)
- Creciente riesgo fitopatológico (enfermedades: carbón, raya roja, roya, escaldadura, raquitismo, etc)

VARIEDADES MEXICANAS:			VARIEDADES EXTRANJERAS:		
VARIEDAD	SUPERFICIE (HAS)	%	VARIEDAD	SUPERFICIE (HAS)	%
Mex 69-290	173,681.83	25.81	CP 72-2086	190,743.35	28.35
Mex 79-431	53,260.42	7.91	RD 75-11	21,324.13	3.17
Mex 68-P-23	43,283.77	6.43	CO 997	15,094.85	2.24
Mex 57-473	30,376.27	4.51	SP 70-1284	11,467.72	1.70
ZMex 55-32	11,985.86	1.78	MY 55-14	10,576.08	1.57
Mex 68-1345	11,927.72	1.77	Otras	48,989.54	7.28
Mex 69-749	10,781.73	1.60	Sub-total	298,195.67	44.33
Otras	39,176.40	5.82	Total	672,669.67	100
* Sub-total	374,474.00	55.67	Adicional 2005/07 = 88,255.00 has		

Introducción de variedades a México:

Formalizar convenios con instituciones extranjeras con reconocido prestigio sobre programa de mejoramiento genético de caña de azúcar (PMGCA).

Reestablecer la investigación y experimentación de caña de azúcar.-Actualizar y modernizar la hibridación de la caña de azúcar n México.

Seleccionar variedades introducidas nacionales y extranjeras, adaptadas al clima y suelo de la zona con alto rendimiento agroindustrial Generar y seleccionar variedades con adaptación regional a partir de semilla híbrida (FUZZ) Multiplicar y poner a disposición de ingenio y productores, semilla de variedades sobresalientes con categoría certificada.



## GLOSARIO

**Acalóricos.**-Son moléculas fabricadas químicamente que poseen un elevado poder edulcorante y aunque algunos aportan calorías, habitualmente se utilizan cantidades tan pequeñas que su contribución al aporte energético despreciable, no aportan calorías y no aumentan el azúcar en sangre.

**Acetato de Vinilo.**-Es un líquido transparente e incoloro. Tiene un aroma de frutas dulce y agradable, pero su olor puede ser fuerte e irritante.

**Abrogación.**-Es la derogación total de una ley por una disposición de igual o mayor jerarquía que la sustituida, es por eso que una Constitución puede ser abrogada, por otra Constitución.

**Abolición.**-Derogación o anulación de una ley precepto o costumbre.

**Ácido Orgánico.**-Son una variedad de ácidos que se concentran habitualmente en los frutos de numerosas plantas. Son compuestos orgánicos que poseen al menos un grupo ácido.

**Aerobia.**-La fermentación aerobia consiste en la asimilación de la materia orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno y nutrientes.

**Alta Fructuosa.**-Es un edulcorante líquido derivado del maíz, conocido como HFCS por su sigla en inglés. Fue aprobado por la FDA y se usa masivamente en Estados Unidos desde la década de los '70.

**Almidón.**-Es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, y proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo.

**Atmósfera.**-Es la capa gaseosa que rodea a la Tierra. Esta compuesta por nitrógeno (78.1%) y oxígeno (20.94%), con pequeñas cantidades de argón(0.93%), dióxido de carbono(variable, pero alrededor de 0.035%), vapor de agua, neón (0.00182%), helio(0.00524%), criptón (0,000114%),hidrogeno(0.00005%) y ozono (0.00116%).

**Arancel.**-Impuesto que se debe pagar por concepto de importación o exportación de bienes, puede ser "ad valorem"(al valor), como un porcentaje del valor de los bienes, o "específicos" como una cantidad determinada por una unidad de peso o volumen.

**Aspartamo.**-El aspartamo o aspartame es un edulcorante artificial de alta intensidad y prácticamente no calórico. Elaborado a base de dos amino-ácidos, ácido aspártico y fenilalanina, es aproximadamente 180 veces más dulce que el azúcar (aproximadamente 4 calorías por gramo). Digerido como una proteína, sus aminoácidos son metabolizados normalmente.

**Bagazo.**-Es el residuo leñoso de la caña de azúcar. En estado fresco estos bagazos contienen 40% de agua. Suelen utilizarse como combustible de las propias azucareras. También se utilizan en la industria del papel y fibras, por la celulosa que contiene.

**Bioquímica.**-Es la rama de la química que estudia a los seres vivos, especialmente de la estructura y función de sus componentes químicos específicos, como son las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, además de otras pequeñas moléculas presentes en las células.

**Biomasa.**-Abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico.

**Cachaza.**- Está considerada como el subproducto más importante de los ingenios azucareros, por algún valor como fertilizante, producida a una tasa de tres toneladas húmedas, por cada cien toneladas de caña molida.



**Cartas Paralelas.**-En estas cartas paralelas, se determinó que la fructuosa sería contabilizada para determinar la producción y el consumo del mercado de dulce y en consecuencia determinar el excedente de producción nacional que podría ser exportado hacia EE.UU.

**Caña.**-Denominada vulgarmente, con tallos cilíndricos, con nudos macizos y entrenudos huecos. Proviene de vegetales con hojas esparcidas, compuestas típicamente de vaina, ligula y limbo.

**Carbono.**-Es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Dependiendo de las condiciones de formación, puede encontrarse en la naturaleza en distintas formas alotrópicas, carbono amorfo, y cristalino en forma de grafito o diamante.

**Carburantes.**-Combustible, mezcla de hidrocarburos que se emplea, en los motores de explosión y combustión interna.

**Celulosa.**-Es un homopolisacárido (es decir, compuesto de un único tipo de monómero) rígido, insoluble, que contiene varios cientos hasta miles de unidades de glucosa. La celulosa corresponde a la biomolécula más abundante de la biomasa terrestre.

**Centrifugado.**-Acción y efecto de centrifugar, aplicar una fuerza centrífuga a una sustancia o materia para secarla o para separar componentes mezclados.

**Cogeneración.**-Es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (hielo, agua fría, aire frío, por ejemplo.). La gran ventaja de la cogeneración es la eficiencia energética que se puede obtener.

**Ciclamatos.**-Los ciclamatos (ácido ciclamico y sus sales de sodio y calcio) es un edulcorante artificial utilizado desde 1950. No se conocen aun muy bien sus efectos, aunque se encuentra muy relacionado en los humanos con la interferencia en la síntesis de las hormonas tiroideas y en la responsabilidad de producir alergias.

**Catalizadores.**-ES una sustancia (compuesto o elemento) capaz de aclarar (catalizador positivo) o retardar (catalizador negativo o inhibidor) una reacción química, permaneciendo este mismo inalterado (no se consume durante la reacción), A este proceso se le llama catálisis.

**Desgravar.**-Rebajar los derechos arancelarios o los impuestos sobre determinados objetos, descontar ciertas partidas de la base o de la cuota de un tributo.

**Déficit.**-Es una escasez de algún bien, ya sea dinero, comida o cualquier otra cosa. La palabra déficit, por tanto, se utiliza para referirse a diversas situaciones.

**Destilerías.**-Fabrica o industria en la que se destilan bebidas alcohólicas.

**Dióxido de Carbono.**-También denominado dióxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es  $\text{CO}_2$ .

**Dumping.**-Es la práctica de comercio en la cual una empresa vende un producto en el extranjero, a precio inferior al que se vendería en su propio mercado nacional, El dumping pertenece al comercio exterior de un país.

**Despumaciones.**-Este líquido atrae esporas de levaduras del aire, resultando en una fermentación espontánea y natural.

**Edulcorante.**-Se conoce a la sustancia que proporciona a un alimento un gusto dulce. Además de la sacarosa (el azúcar normal), son de uso corriente como edulcorante la sacarina, aspartamo, ciclamato, taumatina, pero su naturaleza química nada tiene que ver con los azúcares naturales.



**Enzimas.**-Son sustancias de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas siempre que sea termodinámicamente posible.

**Erosión.**-Se denomina erosión, al proceso de sustracción de roca al suelo intacto, generalmente por acción de corrientes superficiales de agua o viento, por cambios de temperatura o por gravedad.

**Excedentaria.**-Que excede o sobrepasa a la cantidad necesaria o establecida.

**Expropiación.**-Apropiación de bienes, con o sin indemnización, llevada a cabo por vía coercitiva, independientemente del consentimiento del propietario, por parte de personas privadas o del Estado en interés de una clase determinada o de toda la sociedad.

**Extracción.**-Acción y efecto de extraer.

**Efluentes.**-Termino empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

**Fructuosa.**-Es el azúcar de las frutas y la miel, es una vez y media más dulce que la sacarosa y su valor calórico es igual a 4kcal por gramo. Se encuentra en forma edulcorante de mesa de alimentos, bebidas y fármacos.

**Fermentación.**-Es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras, básicamente pero también lo pueden realizar algunas bacterias. De la fermentación alcohólica se obtienen muchos productos como: vino, cerveza, alcohol, chocolate, pan, etc.

**Gases Invernadero.**-Se denomina gases de efecto invernadero gases invernadero a los gases, cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero.

**Genética.**-Es el campo de las ciencias biológicas que trata de comprender como la herencia biológica es transmitida de una generación a la siguiente, y como se efectúa el desarrollo de las características que controlan estos procesos.

**Glucosa.**-Es una forma de azúcar encontrada en las frutas y en la miel. Es un monosacárido con la misma fórmula empírica que la fructuosa pero con diferente estructura.

**Globalizado.**-Es un término moderno utilizado para describir los cambios en las sociedades, y la economía mundial que resultan en un incremento sustancial del comercio cultural (aunque según algunos autores y el movimiento antiglobalización, en la competitividad en un único modelo de mercado tiende a suprimir las realidades culturales de menor poder).

**Grelina.**-Es la proteína encargada de despertar nuestra sensación de hambre, segregada fundamentalmente por el estómago y el duodeno.

**Gravamen.**-Carga de impuestos sobre algún bien. Dicese del impuesto que grava las utilidades o los ingresos, como el impuesto predial que grava los bienes y raíces, el impuesto sobre la renta etc. Carga, limitación u obligación que efectúa a un bien o persona. El uso de este término tiene diversas acepciones jurídicas según sea la materia civil, mercantil, o fiscal de que se trate.

**Guarapo.**-Jugo de la caña dulce exprimida, que por vaporización produce el azúcar, bebida fermentada hecha en este jugo.

**Homologar.**-Dicho de una autoridad: Contrastar el cumplimiento de determinadas especificaciones o características de un objeto o de una acción.

**Insulina.**-Sustancia segregada por el páncreas que regula la cantidad de glucosa en la sangre. Sustancia, preparada químicamente que se utiliza en el tratamiento de ciertas enfermedades.

**Inflación.**-Desequilibrio entre la oferta y la demanda de bienes y servicios que se refleja en un aumento generalizado y sostenido del nivel general de precios. Es una baja en el valor del dinero debido a la alza de precios.



**Inventarios.**-En términos generales, es la relación o la lista de los bienes materiales y derechos pertenecientes a una persona o comunidad, hecha en orden y claridad.

**Jarabes.**-Bebida muy azucarada con zumo de frutas, o sustancias medicinales.

**Lactosa.**-Azúcar que contiene la leche, formada por glucosa y galactosa.

**Levulosa.**-Isómero dextrógiro de la fructosa

**Levadura.**- Se denomina levadura a cualquiera de los diversos hongos microscópicos unicelulares que son importantes por su capacidad para realizar la fermentación de hidratos de carbono, produciendo distintas sustancias.

**Leptina.**-Es una hormona compuesta por 167 aminoácidos producida en su mayoría de los adipositos (células grasas) aunque también se expresa en el hipotálamo, el ovario y la placenta.

**Limings.**-Se producen en las pailas de producción del azúcar.

**Lignin.**-Es un compuesto químico (complejo, polímero aromático altamente reticulado) que se deriva de la madera y es lo mas comúnmente posible una parte integral de las membranas celulares de plantas, especialmente en tracheids, fibras del xylem y sclereids.

**Marketing.**-Es una ciencia administrativa que se preocupa de estudiar, teorizar, y dar soluciones sobre: los mercados, los clientes o consumidores (sus necesidades, deseos y comportamiento) y sobre la gestión de mercadeo ( o gestión comercial) de organizaciones.

**Metaboliza.**-Es el conjunto de reacciones y procesos fisico-químicos que ocurren en una célula.

**Microorganismos.**-También llamado microbio u organismo microscópico, es un ser vivo que solo puede visualizarse con el microscopio. Paciencia que estudia a los microorganismos es la microbiología.

**Microbiología.**-Es la ciencia encargada del estudio de los microorganismos, seres vivos pequeños (de mikros “pequeños”, bios “vida” y logos, “estudio”), también conocidos como microbios.

**Metabolitos.**-Es cualquier sustancia producida o utilizada durante el metabolismo (digestión). En el uso de drogas, el término generalmente se refiere al producto final que queda después del metabolismo.

**Melaza.**-Líquido más o menos viscoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda como residuo de la fabricación del azúcar de caña o remolacha.

**Mosto.**-Zumo exprimido de la uva, antes de fermentar y hacerse vino. Residuo fétido del zumo de la caña de azúcar.

**Oscilante.**-Se denomina oscilación a una variación, perturbación o fluctuación en el tiempo medio o sistema. Si el fenómeno se repite, se habla de oscilación periódica.

**Quinquenio.**-Tiempo de cinco años

**Pailas.**-Es un recipiente de metal o greda, redondo y poco profundo. Este utensilio tiene diferentes usos en las diferentes países, como servir para calentar el agua en las cocinas de carbón (recipiente metálico), además de que permite utilizarla como sartén para freír o fuente plana para asar alimentos.

**Polialcoholes.**-Son, en muchos casos edulcorantes, naturales contenidos en algunas frutas, y también se obtienen industrialmente. Se utilizan como edulcorantes en chicles y caramelos.

**Per cápita.**-Significando la suma de todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un año, dividido por la población promedio del mismo año.

**Radiación.**-Es un termino que designa la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio fluido.



**Ranking.**-Clasificación de mayor a menor, útil para establecer criterios de valoración.

**Refinamiento.**-Perfeccionar algo adecuándolo a un fin determinado.

**Remolacha.**-Existen numerosas variedades de la especie, de las cuales algunas emplean para la alimentación humana, otras como pienso para ganado, y otras para la producción de azúcar.

**Reciclaje.**-Es un termino empleado de manera general para describir el proceso de utilización de partes o elementos de un articulo, tecnología, aparato que todavía pueden ser usados, a pesar de pertenecer a algo que ya llevo al final de su vida útil.

**Renovable.**-Que puede renovarse, o reutilizarse.

**Sacarosa.**-Se extrae de la remolacha azucarera o de la caña de azúcar y se encuentra también de forma natural en algunas frutas y es un ingrediente básico para la elaboración de producto de pastelería etc.

**Sacarina.**-Este producto actualmente se encuentra en debate por su toxicidad. Es un edulcorante muy potente (200 veces mas dulce que el azúcar), no calórico, con un tipo sabor amargo post-deglución. No es metabolizado por el cuerpo y es excretado por la orina.

**Secreción.**-Acción y efecto de secretar.

**Secado.**- Acción y efecto de secar o secarse.

**Sistemático.**-Que sigue o se ajusta a un sistema.

**Sintéticas.**-Dicho de un producto: Obtenido por procedimientos industriales, generalmente una síntesis química, que produce la composición y propiedades de algunos cuerpos naturales.

**Sustentable.**-Que se puede sustentar o defenderse con razones.

**Viscosidad.**-Es la oposición que opone un fluido a las deformaciones tangenciales.

**Vitivinícolas.**-Relativo a la elaboración del vino.

**Vinaza.**-Especie de vino que se saca a lo último, de los posos y las heces.

**Zafra.**-Cosecha de la caña dulce. Fabricación del azúcar y de la remolacha.



---

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Año 2004
2. [Http://ific.org/sp/publications/qa/fructoseqesp.cfm](http://ific.org/sp/publications/qa/fructoseqesp.cfm).
3. Aportes, revista de la Facultad de Economía BUAP. Año VII Num.19 La apropiación resuelve la crisis azucarera, nuevos y viejos conflictos.
4. Cámara de diputados .H Congreso de la Unión. Centro de Estudios de las Finanzas Publicas CEFP/039/2001, La Agroindustria azucarera en México, Palacio Legislativo Sn Lázaro D.F. Sep 2001
5. [www.teleformula.com.mx/programas/formula financiera/artículos](http://www.teleformula.com.mx/programas/formula_financiera/articulos).
6. Cámara de Diputados, Centro de Estudios de Finanzas Públicas. CEFP/022/2005. El impacto de las importaciones de fructuosa en la Industria Azucarera, Julio 2005
7. Evaluación integral de los impactos e instrumentación del capítulo Agropecuario de TLCAN, La Agroindustria Azucarera de México; El impacto del tratado de libre comercio de América del Norte. Responsable: Luis Ramiro García Chávez, Universidad Autónoma de Chapingo
8. Cámara de Diputados. Centro de Estudios Financieros Pública CEFP/022/2005. El impacto de las Importaciones de fructuosa en la Industria Azucarera, Julio 2005.
9. Jornada INDUSTRIA SIN INGENIO María del Pilar Martínez, 4 de abril de 2005
10. <http://www.monografias.com>. “Caña de Azúcar Oportunidades y Amenazas “, 22/ Noviembre / 2005
11. Alternative Uses Of Sugar Cane and it's byproducts in Agroindustries, J.M. Paturau. [Http://www.FAO.org](http://www.FAO.org). 4/ Julio /2005.
12. Internacional Sugar Organization, Etanol producido apartir de cosechas azucareras; Perspectivas e implicaciones para el mundo mundial del azúcar, Nov / 2005.
13. Tecnología de la Fermentación, Owen P.Ward.
14. <http://www.monografias.com>. “ Caña de Azúcar Oportunidades y Amenazas “, 22/ Noviembre / 2005
15. Mercado Internacional de Azúcar. Dirección General de Operaciones financieras, Dirección de Estudios de Análisis de mercados, SAGARPA,



16. [www.cultivosdeimportancia.com](http://www.cultivosdeimportancia.com), Portal Agrario de Perú, Agosto 2007.
17. [www.lapalabra.com](http://www.lapalabra.com), por Fernando Reyes Pantoja.
18. Anuario 2007 de la Industria Química. ANIQ.
19. A.T. Jackson, Process Engineering in Biotechnology , Prentice Hall Series 1991
20. Alan Scragg, Biotecnología para Ingenieros, Editorial LIMUSA Méx. 1996
21. Taiwan Turnkey Project Association <http://www.tpcc.org.tw/index-english.asp>
22. Planeación estratégica de la Agroindustria Azucarera Mexicana para la producción de Biocombustibles. Dr. Héctor Debernardi Delavequia Profesor Investigador Colegio de Postgraduados SAGARPA Campus Córdoba.
23. Programa Nacional de la Agroindustria de la caña de azúcar, 2007/2012 SAGARPA
24. Hojas informativas de la FAO. Apoyo de la FAO alas negociaciones en el marco de la OMC, Productos básicos importantes en el comercio agropecuario: el azúcar
25. Cfr. El Financiero. México, D. F. martes 15 de enero del 2002.
26. Ver: Aguilar, Javier, 2001. "Azúcar: el conflicto comercial entre cañeros e ingenios". En: Economía Informa # 300 (septiembre 2001). FE-UNAM. México.
27. Cfr. el Financiero. México, D. F. viernes 25 de enero del 2002.
28. El Financiero. México, D. F. miércoles 5 de diciembre del 2002.
29. Cfr. Asoc. Nal. de Productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas. México. 1998.
30. El Financiero. México, D. F. viernes 25 de enero del 2002.
31. <http://www.biologia.edu.ar/> marzo 2007.
32. WHO/FAO (1998) Carbohydrates in human nutrition. FAO food and nutrition paper no. 66. FAO, Rome.
33. Foster-Powell, K., Brand Miller, J. (1995), International tables of glycaemic index. American Journal of Clinical Nutrition. 62: 871S-93S. Hellerstein, M.K., Christiansen, M., Kaempfer, S. et al (1991). Measurement of de novo hepatic lipogenesis in humans using stable isotopes. J. Clin. Invest. 87: 1841-1852.
34. <http://www.> Tomar edulcorante engorda, mayo 2007 entrevista a Elba Albertinazzi, presidenta de la Asociación Argentina de Médicos Naturistas.
35. [www.infomed.sld.cu/revistas/far/vol\\_34\\_3\\_00/](http://www.infomed.sld.cu/revistas/far/vol_34_3_00/)
36. <http://www.foodproductdesign.com/archive/1993/0593DE.html&prev=>