



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO-ADMINISTRATIVAS

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y
FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN
MÉXICO**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS
RECURSOS NATURALES**



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

MAREZA RIVERA DÍAZ

JULIO DEL 2010

Chapingo, Estado de México

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y FACTIBILIDAD
DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN MÉXICO**

Tesis realizada por **Mareza Rivera Díaz** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS
RECURSOS NATURALES**

DIRECTOR:


DR. IGNACIO CAAMAL CAUICH

ASESOR:


DR. ROBERTO CARVALLO GARNICA

ASESOR:


DR. JOSÉ ANTONIO ÁVILA DORANTES

DEDICATORIAS

A mi hijo, Hanyel Villegas Rivera quien a pesar de su corta edad me ha enseñado el valor de la vida, la dicha de convertirme en madre y cuan inmenso puede llegar a ser el Amor; éste triunfo es para ti mi Eterna Bendición.

A mi esposo Roberto Villegas Rodríguez, por su amor, paciencia y compañía en los momentos más difíciles.

A mis padres, Roberto Rivera Zapata y Estela Díaz Pérez, porque son un ejemplo para mí de fortaleza, lucha y sencillez.

A mis hermanos: Yedelma, Beto, Magaly y Blanca, para demostrarles que con esfuerzo y decisión pueden lograr cualquier meta académica que se propongan, ahora yo espero ver sus metas realizadas.

A mis suegros, Roberto Villegas Hernández y Celia Rodríguez Betancourt, porque siempre que estuvo a su alcance me apoyaron y me alentaron para seguir adelante y terminar con ésta meta.

A mis compañeros de la maestría y amigos por su apoyo, comprensión y amistad incondicional, lo que me animó para culminar con éste trabajo:
Sinceramente Gracias!!!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente a través de todo el conocimiento que aquí aprendí.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca que sustentó mis estudios de maestría y así poder dedicarme de tiempo completo a culminar con ésta meta.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por la ayuda económica que me brindó para finalizar la presente tesis.

Al Dr. Ignacio Caamal Cauich, por sus apreciables contribuciones que encauzaron el rumbo de ésta investigación; Muchas gracias por su comprensión y calidad humana.

Al Dr. Roberto Carvallo Garnica, por todo lo que aportó a esta investigación, sus valiosos conocimientos durante la maestría y la paciencia que me brindó para poder culminar.

Al Dr. José Antonio Ávila Dorantes, por su generosa comprensión, consejos y críticas lo cual me permitió mejorar éste trabajo.

A todos mis profesores de la maestría, quienes con ímpetu y dedicación me brindaron el gran tesoro del conocimiento y sabiduría: ¡Muchas Gracias!

DATOS BIOGRÁFICOS

Mareza Rivera Díaz, nació el 20 de agosto de 1983 en el Distrito Federal; desde su infancia ha vivido en el estado de México.

Durante el periodo 1998-2005 estudió en la Universidad Autónoma Chapingo, donde obtuvo el título de Licenciada en Administración de Empresas Agropecuarias; elaboró una investigación orientada al análisis de la factibilidad tanto técnica como financiera para la constitución de una consultoría agropecuaria ubicada en el municipio de Rayón, Chiapas; dicho estudio constituyó su tesis profesional, la cual elaboró de manera conjunta con el Licenciado Mario Ordoñez O.

En el periodo 2007-2009 cursó los estudios de Maestría en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales en la institución antes referida, donde realizó una investigación que muestra un panorama general de la situación del bioetanol en México como bioenergético obtenido de la caña de azúcar, intitulada “Caracterización de la producción de azúcar y factibilidad de la producción de bioetanol en México”.

CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN MÉXICO

Mareza Rivera Díaz¹ e Ignacio
Caamal Cauich²

RESUMEN

En todas las economías subdesarrolladas la agricultura es una actividad de grandes proporciones, con frecuencia la única existente, es por eso que deben dirigirse políticas orientadas a mejorar su productividad. En ese sentido y con el afán de mejorar el nivel de vida de la población, el hombre ha buscado nuevas opciones que lejos de dañar el medio que lo rodea, colaboren con su regeneración; de ahí que el uso de biocombustibles (como el bioetanol) se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible, el cual puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas en comparación con los combustibles fósiles. Esta investigación muestra un modelo de programación lineal sencillo que considera variables críticas como costo de la materia prima (caña de azúcar), costo de transformar la materia prima en azúcar y/o etanol y el precio de venta de ambos productos; el cual arroja que la mejor opción para un ingenio ubicado en Veracruz es producir etanol a un precio sombra de \$5.75 por litro, ya que así se obtiene la máxima utilidad (\$163,200).

Palabras clave: medio ambiente, biocombustibles, caña de azúcar, bioetanol.

CHARACTERIZATION OF SUGAR PRODUCTION AND THE FEASIBILITY OF BIOETHANOL PRODUCTION IN MEXICO

ABSTRACT

In all developing economies, agriculture is a large-scale activity, often the only one; therefore, policies must be targeted to improving its productivity. In this context and with the eagerness to improve the standard of living of the population, man has sought new options which far from damaging the surrounding environment, contribute to its regeneration; for that reason, the use of biofuels (such as bioethanol) is emerging as a potentially sustainable energy resource, which can provide environmental and economic benefits compared with fossil fuels. This research shows a simple linear programming model that considers critical variables such as cost of the raw material (sugar cane), cost of transforming the raw materials into sugar and/or ethanol, and the selling price of both products. Based on this model, the best option for a sugarmill located in Veracruz is to produce ethanol at a shadow price of \$ 5.75 per liter, as this gives the maximum profit (\$ 163,200).

Key words: environment, biofuels, sugar cane, bioethanol.

1 Autor
2 Director

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Justificación	6
2.3 Objetivos	7
2.3.1 Objetivo General	7
2.3.2 Objetivos específicos:	8
2.4 Hipótesis	8
CAPITULO 3. METODOLOGÍA	10
CAPÍTULO 4. AGRICULTURA Y BIOENERGÉTICOS	16
4.1 Funciones y tendencias de la agricultura	16
4.1.1 Funciones clásicas	16
4.1.2 Funciones de la agricultura	18
4.2 Aclaración de términos	25
4.2.1 Biomasa	26
4.2.2 Bioenergía	27
4.2.3 Biocombustibles	28
4.2.4 Biocombustibles líquidos para el transporte	30
4.3 Materias primas para biocombustibles	32
4.4 Biocombustibles y agricultura	34
CAPITULO 5. EXPERIENCIA EN PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES	38
5.1 Las políticas sobre biocombustibles en Brasil	38
5.2 Las políticas sobre biocombustibles en los Estados Unidos de América	42
5.3 Las políticas sobre biocombustibles en la Unión Europea	46
5.4 El caso de México	49
CAPITULO 6. PANORAMA GENERAL DE LA AGRICULTURA MEXICANA	51
6.1 El auge de la Agricultura Mexicana	54
6.2 Las exportaciones	62

6.3 Las importaciones	63
6.4 Empleo	65
CAPITULO 7. ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA	66
7.1 Situación internacional de la caña de azúcar y azúcar	66
7.1.1 Producción mundial de caña de azúcar	66
7.1.2 Consumo mundial de azúcar	69
7.1.3 Principales países exportadores de azúcar en el mundo	70
7.1.4 Principales países importadores de azúcar en el mundo	71
7.2 Situación nacional	73
7.2.1 Evolución de la producción y del consumo nacional	73
7.2.2 Comercio Exterior	79
7.2.3 Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar y azúcar.	83
7.2.4 Estructura de costos de la industria azucarera en México	84
7.2.5 Empleo	85
CAPITULO 8. SITUACIÓN LOCAL	88
8.1 Análisis de las tendencias del mercado y del producto	94
8.2 Modelos de programación lineal	96
8.2.1 Modelo básico	97
8.2.2 Modelo con precio sombra del azúcar	97
8.2.3 Modelo con precio sombra del etanol	98
8.3 Resultados del Modelo	99
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	109

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de biocombustibles por países, 2007.....	36
Cuadro 2. Rendimiento de los biocombustibles para diferentes materias primas y países.....	37
Cuadro 3. Principales países productores de caña de azúcar en el 2007.....	66
Cuadro 4. Comportamiento de la producción de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (millones de tons.).....	67
Cuadro 5. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (miles de Has.).....	68
Cuadro 6. Comportamiento del rendimiento de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (ton/Has.).....	68
Cuadro 7. Consumo aparente de azúcar por país, para la zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).....	69
Cuadro 8. Principales países exportadores de azúcar zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).....	70
Cuadro 9. Cuadro del comportamiento de las exportaciones de azúcar de los principales países de 1980-2005.....	71
Cuadro 10. Principales países importadores de azúcar zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).....	72
Cuadro 11. Cuadro del comportamiento de las importaciones de azúcar por país de 1980-2005.....	73
Cuadro 12. Producción de azúcar por entidad federativa en la zafra 2008/2009 (Toneladas).....	76
Cuadro 13. Comportamiento de la producción de caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Toneladas).....	77
Cuadro 14. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Hectáreas).....	78
Cuadro 15. Comportamiento del rendimiento de la caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Toneladas/Ha).....	79
Cuadro 16. Empresas importadoras de azúcar en México en 2007.....	81
Cuadro 17. Empresas exportadoras de azúcar en México en 2007.....	82
Cuadro 18. Comportamiento de las Importaciones y Exportaciones de azúcar en México de 1980-2005.....	83
Cuadro 19. Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar y azúcar en México de 1980-2010.....	84
Cuadro 20. Estructura de costos de la industria azucarera (en %).	85
Cuadro 21. Principales ingenios generadores de empleos de la agroindustria azucarera, 2005-2006 (incluye trabajadores cañeros)	86

Cuadro 22. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ha).	88
Cuadro 23. Comportamiento de la producción de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ton).	89
Cuadro 24. Comportamiento del rendimiento en la producción de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ton/Ha).....	90
Cuadro 25. Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (\$/Ton)(Año base 2000).....	91
Cuadro 26. Producción de azúcar por ingenio en el estado de Veracruz, zafra 2009...	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Conversión de materias primas agrícolas en biocombustibles líquidos. Fuente: FAO, 2008.....	34
Figura 2. Mapa de los estados productores de caña de azúcar en México. Fuente: Unión Nacional de Productores de Caña de Azúcar. UNPC-CNPR. 2007.....	75
Figura 3. Estructura del modelo básico que se corrió en Solver-Excel.....	97
Figura 4. Estructura del modelo con el precio sombra del azúcar que se corrió en Solver-Excel. Fuente: Elaboración propia.	98
Figura 5. Estructura del modelo con el precio sombra del etanol que se corrió en Solver-Excel. Fuente: Elaboración propia.	99

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El 2008 ha sido el año que más ha llamado la atención en cuanto se trata del tema de la alimentación y la agricultura, debido a que el precio de los alimentos ha venido en aumento hasta llegar al nivel más alto desde la década de 1970, en términos reales, de ahí que el uso de productos agrícolas básicos para la producción de biocombustibles, se ha considerado como uno de los factores causantes de dicho incremento.

El efecto de la producción de biocombustibles en los tres principales aspectos donde impactan: la mitigación del cambio climático, la contribución a la seguridad alimentaria y el desarrollo agrícola, aún continúa entre debates e investigaciones relacionadas con el tema y sus posibles consecuencias.

La FAO en su informe de 2008 acerca de *El estado mundial de la agricultura y la alimentación* sostiene que durante la próxima década, los biocombustibles, a la vez que compensarán solo una parte modesta del consumo de energía fósil, tendrán efectos mucho más importantes en la agricultura y la seguridad alimentaria. La aparición de los biocombustibles como una nueva, e importante, fuente de demanda de algunos productos básicos agrícolas –incluidos el maíz, el azúcar, las semillas oleaginosas y el aceite de palma– contribuye al aumento de los precios de los productos agrícolas en general, y de los recursos usados para producirlos.

Cabe destacar que los biocombustibles no son del todo responsables del aumento en los precios de los alimentos y sí uno de los diversos factores que influye como por ejemplo: los bajos niveles de producción en países exportadores como consecuencia de factores climáticos, la disminución en las reservas mundiales de cereales, el aumento de la población y la urbanización, entre otros.

La FAO (2008) afirma que el efecto de los biocombustibles en las emisiones de gases de efecto invernadero varía considerablemente en función del lugar y la forma en que se producen los diversos cultivos de materias primas. En muchos casos, el aumento de las emisiones derivado del cambio en el uso de la tierra puede contrarrestar o incluso superar los ahorros en gases de efecto invernadero obtenidos mediante la sustitución de los combustibles fósiles con biocombustibles, y las consecuencias en el agua, el suelo y la biodiversidad también constituye una preocupación. Las buenas prácticas agrícolas y el aumento de los rendimientos a través del desarrollo de la tecnología y la mejora de las infraestructuras pueden contribuir a reducir algunos de estos efectos adversos.

A largo plazo, la aparición de los biocombustibles líquidos de segunda generación (los cuales se denominan así porque se refieren a la nueva tecnología que se debe usar para extraer biomasa lignocelulósica, combustibles líquidos, tales como el etanol o el biodiesel) pueden ofrecer beneficios adicionales.

La tesis se desarrolla en ocho capítulos, de los cuales los tres primeros introducen al tema, plantean el problema a estudiar, justifican ésta investigación y describen la metodología aplicada. El cuarto capítulo muestra las funciones clave de la agricultura desde dos perspectivas diferentes; también aclara los términos técnicos relacionados con la tesis.

El quinto capítulo presenta los casos de Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea como experiencias exitosas en la producción de biocombustibles.

El sexto capítulo establece un marco de referencia del desarrollo de la agricultura mexicana para entender las fuerzas que operan para frenar o promover el aprovechamiento de nuestra biomasa para producir combustibles.

El séptimo capítulo concentra la estructura y comportamiento de la industria azucarera a nivel internacional y nacional con el fin de ilustrar las transformaciones que deben operarse en nuestra política agrícola para promover la generación de bioetanol.

El octavo capítulo muestra los modelos de programación lineal que se corrieron en “Solver” con el fin de conocer cuál es la mejor alternativa de producción para un ingenio azucarero ubicado en Veracruz, si seguir produciendo azúcar o cambiar a producir etanol.

CAPITULO 2. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes

La Fundación Tierra (2002) explica que la utilización de los biocombustibles líquidos es tan antigua como la de los mismos combustibles de origen fósil y los motores de combustión. Así, cuando hace más de 100 años Rudolf Diesel diseño el prototipo del motor diesel, ya estaba previsto que funcionara con aceites vegetales, tan es así que en las primeras pruebas, lo hizo trabajar con éstos. Sin embargo, cuando el petróleo irrumpió en el mercado, era barato, razonablemente eficiente y fácilmente disponible. Uno de éstos derivados, el gasóleo, rápidamente se convirtió en el combustible más utilizado en el motor diesel. El denominado biodiesel no nace hasta raíz de la crisis de los años setenta.

La misma Fundación *op. cit.* comenta que, cuando Henry Ford hizo el primer diseño de su automóvil Model T en 1908, esperaba utilizar el etanol como combustible. De hecho, de 1920 a 1924, la Standard Oil Company comercializó un 25% de etanol en la gasolina vendida en el área de Baltimore. Sin embargo, los elevados precios del maíz, junto con las dificultades de almacenamiento y transporte, hicieron abandonar el proyecto. A finales de la década de los veinte y durante la década de los treinta, se hicieron esfuerzos para recuperar sin éxito el proyecto.

A raíz de ésta decaída en la utilización del etanol, Henry Ford y diversos expertos unieron fuerzas para promover su recuperación. Se construyó una planta de fermentación en Atchinson (Kansas) con un potencial para fabricar

38,000 litros diarios de etanol para automoción. Durante los años treinta, más de 2,000 estaciones de servicio en el Medio Oeste vendieron este etanol hecho de maíz que denominaron “gasol”. No obstante eso, la competencia de los bajos precios del petróleo obligó al cierre de la planta de producción de etanol a mediados de los años cuarenta. Como consecuencia, se acabó el negocio de los granjeros americanos y el gasol fue sustituido definitivamente por el petróleo. Durante la década de los setenta, y como consecuencia de la primera crisis del petróleo, se recuperó la utilización de la mezcla de etanol con bencina tanto en los Estados Unidos como en Brasil. Estos programas tuvieron mucho éxito y han durado hasta la actualidad. En Brasil, todavía hoy, casi diez millones de vehículos se mueven con alcohol y mezclas de bencina y etanol (Fundación Tierra *op. cit*).

La Clean Air Act de 1990 obligaba a oxigenar los combustibles de aquellas áreas del país que tuviesen unos altos niveles de dióxido de carbono. A raíz de estos episodios de contaminación, la demanda de etanol como mezcla oxigenante creció de modo considerable. La mezcla más utilizada ha sido el E10, que contiene un 10% de etanol. El E85 y E95 se ha usado en los Estados Unidos en la flota de vehículos estatales, en autobuses públicos urbanos y en automóviles de motor flexible (FFV) que funcionan indistintamente con gasolina o E85 (Fundación Tierra *op. cit*).

En el año 1985 se planteó la introducción de los biocombustibles en Europa. El objetivo era sustituir el 25% del combustible fósil por bioetanol. Su aplicación no se aprobó por cuestiones de rentabilidad y coste. Sin embargo, se dedicaron

sustanciosos fondos para la investigación y desarrollo de estas tecnologías. Una interesante medida fue la propuesta a través de la directiva Scrivener, que consistía en la desgravación del bioetanol en valores cercanos a los que gravan los combustibles fósiles y así facilitar su competitividad. Esta medida ha tenido aplicaciones parciales especialmente en Italia, Francia, Alemania y Austria, donde se han desarrollado experiencias pioneras en el sector. El objetivo europeo es que los biocombustibles lleguen a significar el 15% del biocombustible fósil utilizado en el sector del transporte en el año 2005 (Fundación Tierra *op. cit*).

2.2 Justificación

En particular y considerando los serios problemas de volatilidad, daño ambiental y posible agotamiento de las reservas petroleras, es en el campo de los bioenergéticos donde la agricultura puede llevar a cabo una contribución significativa. Esto es porque a partir de insumos agrícolas como la caña de azúcar es posible generar etanol como biocombustible de alta eficiencia, costos razonables y no contaminante.

Como se ha visto en experiencias internacionales, un programa de etanol utilizado como combustible puede formar parte de un cambio hacia sistemas de transporte sustentables. Aunque no se espera que éste biocombustible desplace completamente a la gasolina del mercado, si se pretende alargar la existencia de los recursos petrolíferos.

Algunas formas a través de las cuales nuestro país se beneficiaría con la introducción del bioetanol como combustible son las siguientes: la creación de empleos fijos y temporales, el desarrollo de la economía rural, la ampliación de las infraestructuras sociales en zonas rurales, la mejora de la seguridad energética, la conservación de los recursos petrolíferos, la expansión de la agricultura a tierras secas, la mejora de la balanza comercial nacional, la motivación de la comunidad científica y tecnológica, incentivos a la industria de bienes de producción, la mejora del medio ambiente local y global, entre otros.

Sin embargo, a pesar de diversos intentos por producir biocombustibles a partir de biomasa, México produce una cantidad insignificante de bioetanol, dejando pasar una gran oportunidad de lograr una posición importante considerando que se tiene como vecino al mercado más grande del mundo. Esta tesis explora esta problemática para ofrecer un marco de referencia para el análisis de proyectos de inversión.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo General

Establecer un marco de referencia general que analice la viabilidad de producir etanol como biocombustible líquido, en el contexto del desarrollo de la agricultura en México.

2.3.2 Objetivos específicos:

1. Ilustrar el desarrollo de la producción de etanol como biocombustible líquido, en aquellos países que han tenido una experiencia exitosa.
2. Investigar en documentos recientes, la caracterización de la industria azucarera para conocer la fase de desarrollo en que se encuentra la producción de bioenergéticos en México, específicamente el caso del bioetanol.
3. Indagar los costos de la caña de azúcar como materia prima para producir etanol o azúcar en algún ingenio, así como los precios de venta de éstos productos con la finalidad de conocer la rentabilidad económica de su elaboración.
4. Determinar el costo de oportunidad de la caña de azúcar para conocer la alternativa de producción más rentable, azúcar o bioetanol, en un ingenio azucarero.

2.4 Hipótesis

1. La producción de biocombustibles es una tendencia a nivel internacional que a largo plazo será adoptada por la mayoría de las economías.
2. Países como Brasil y Estados Unidos han tenido éxito en la producción de biocombustibles líquidos, ya que se caracterizan por tener visiones y programas de largo plazo, los cuales están relacionados con apoyos directos que incentivan el aprovechamiento

de su biomasa, lo cual será similar a lo que México tiene que hacer para lograr éste objetivo.

3. Dado el potencial de producción de caña de azúcar y otros cultivos o desechos agrícolas que México puede alcanzar, se lograría que la producción de bioetanol y en general de biocombustibles, sea una actividad viable desde el punto de vista económico y ambiental.
4. La producción de bioetanol en el estado de Veracruz es rentable debido a que cuenta con la biomasa suficiente derivada de la caña de azúcar.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos planteados en ésta investigación se implementaron y desarrollaron dos métodos: el deductivo que permitió analizar de manera general el tema de los biocombustibles en los países donde se han tenido experiencias exitosas en su producción, para después estudiar el caso específico de la caña de azúcar en México como materia prima para la producción de bioetanol y finalmente analizar los costos y precios en un ingenio azucarero ubicado en Veracruz, para conocer la rentabilidad económica de producir etanol o azúcar; y el método analítico, por medio del cual se analizó y sintetizó la información referente a la industria azucarera en nuestro país desde los años ochentas hasta la fecha.

Se utilizó la información que muestran instituciones reconocidas como la FAO (en su base de datos estadísticos: Faostat) y el Banco de Mundial, para conocer las variables relacionadas con la industria azucarera a nivel internacional como: superficie cosechada, rendimiento y producción de caña de azúcar; y producción, importaciones, exportaciones y consumo aparente de azúcar de los principales países.

A nivel nacional se tomó en cuenta la información que presenta el SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera), el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geográfica) y algunos organismos relacionados con la agroindustria azucarera como Zafranet, la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera, la Unión Nacional de Cañeros, etc. para investigar

variables relacionadas con la producción, consumo y comercio exterior de la caña de azúcar y el azúcar en los estados que producen estos bienes.

Para analizar todas éstas variables se utilizaron herramientas como la tasa de crecimiento y los precios reales, de los cuales a continuación se menciona su definición y fórmula:

Tasa de crecimiento. Es el incremento porcentual que tiene un valor determinado en un periodo de tiempo. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$TC = ((VF/VI) - 1) \times 100$$

TC es la tasa de crecimiento del año 1 al año n ; VF es el valor en el último año; VI es el valor inicial o del año 1.

Precio real. Es el precio de un bien expresado en moneda de un valor adquisitivo determinado. Este precio toma en cuenta la inflación, es decir, deduce el efecto de la inflación. Se obtiene dividiendo el precio nominal entre un índice general de precios.

$$PRi = PNi/\pi Ai$$

PRi es el precio real del año i ; PNi es el precio nominal o corriente del año i ; πAi es la inflación acumulada del año i .

Para determinar el costo de oportunidad de la caña de azúcar se estima el precio dual o precio sombra derivado de un modelo de programación matemático del tipo de asignación de recursos con el objetivo de conocer cuál es la alternativa más rentable para producir, si azúcar o etanol en una planta flexible del estado de Veracruz. Éste precio sombra se obtiene de correr el modelo en una aplicación denominada Solver del paquete de Excel.

El precio sombra se define como la proporción con que mejora el valor de la función objetivo a partir de la i -enésima restricción, si se trata de maximización tiende a aumentar y si es de minimización a disminuir; en este caso se trata de obtener la maximiza utilidad de un ingenio azucarero.

Desde luego, el desafío de una investigación ulterior sería identificar las modificaciones estructurales que hay que llevar a cabo para que el costo de la caña (como materia prima) y del azúcar y/o etanol (como productos) reflejen sus verdaderos costos de oportunidad ocultos por múltiples rigideces en el sector.

A continuación se presenta el modelo en su forma primal y posteriormente se describen las restricciones, las variables y los parámetros utilizados:

$$\text{Max } U = \text{Ingresos} - \text{Costos}$$

$$\text{Max } U = (P_{va}V_a + P_{ve}V_e) - (P_{ca}Y_{ca} + P_{ca}Y_{ce} + C_{pa}Z_a + C_{pe}Z_e + C_{tav} + C_{tev})$$

Restricciones:

$Sca \leq 6,000$ Hectáreas de abastecimiento de caña de azúcar

$Rca = 0$

$Cta = 0$

$Cte = 0$

$Ctav = 0$

$Ctev = 0$

$Ma \leq 120,000$ toneladas como cuota máxima de venta

$Me \leq 70,000,000$ de litros al año que el mercado acepta

$Xca, Yca, Yce, Za, Ze, Va, Ve \geq 0$

Variables:

Xca = Producción de caña de azúcar (hectáreas)

Yca = Compra de caña de azúcar para producción de azúcar (toneladas de caña)

Yce = Compra de caña de azúcar para producción de etanol (toneladas de caña)

Za = Producción de azúcar (toneladas)

Ze = Producción de etanol (litros)

Va = Venta de azúcar (toneladas)

V_e = Venta de etanol (litros)

Parámetros:

P_{ca} = Precio de caña para producción de azúcar y/o etanol (pesos/ ton)

C_{pa} = Costo de producción de azúcar (pesos/ton)

C_{pe} = Costo de producción de etanol (pesos/ litro)

C_{tav} = Costo de transferencia de azúcar para venta

C_{tev} = Costo de transferencia de etanol para venta

P_{va} = Precio de venta del azúcar (pesos/tonelada)

P_{ve} = Precios de venta del etanol (pesos/ litro)

R_{ca} = Rendimiento de caña para azúcar (toneladas de caña/ha)

S_{ca} = Superficie disponible de caña de azúcar (has)

M_a = Mercado de azúcar (toneladas)

M_e = Mercado de etanol (litros)

El modelo maximiza la utilidad del ingenio, restando los ingresos menos los costos por el abastecimiento de la materia prima, por la producción de azúcar o etanol y por la comercialización de los mismos; sujeto a restricciones de área de abastecimiento y de mercado para el azúcar y el etanol.

Fuente de información para el modelo

1. Actividades de campo. Se utilizaron los datos de producción de un ingenio azucarero ubicado en Veracruz en lo que se refiere a los costos del cultivo, rendimientos de caña de azúcar y superficie de la zona de abastecimiento.
2. Actividades de compra de caña de azúcar por el ingenio. Se utiliza la regulación definida en el Decreto cañero.
3. Actividades de fábrica. Para los costos de producción de azúcar y coeficientes de conversión se utilizaron los datos del Ingenio. En cuanto a los datos sobre costos de producción de etanol, dado que no existe en la actualidad una planta de producción de etanol a partir de la caña de azúcar, se buscaron datos de plantas ubicadas en Brasil y Estados Unidos.

CAPÍTULO 4. AGRICULTURA Y BIOENERGÉTICOS

4.1 Funciones y tendencias de la agricultura

No existe una clasificación única que describa las funciones y tendencias de la agricultura debido a la complejidad del tema, ya que se trata de un sector que depende de diversos factores relacionados con el lugar y la época, como la región o país, el clima, la vegetación, etcétera. Es por eso que a continuación se presentan dichas funciones desde dos perspectivas diferentes, una que tiene que ver con las clásicas que autores como Bruce F. Johnston y John W. Mellor describen en su artículo titulado “El papel de la agricultura en el desarrollo económico” y otra más reciente presentada por la FAO en 1999. A continuación se mencionan de manera breve ambas posturas:

4.1.1 Funciones clásicas

Dos elementos importantes relacionados entre sí distinguen el sector agrícola en un país subdesarrollado, y su papel en el proceso del crecimiento económico. Primero, en todas las economías subdesarrolladas la agricultura es una actividad de grandes proporciones; con frecuencia la única existente. En general, entre el 40 y 60% del ingreso nacional se genera en la agricultura y de un 50 a un 80% de la fuerza de trabajo se ocupa en la producción agrícola. Aun cuando se dedican a la agricultura grandes cantidades de recursos – principalmente tierra y trabajo- se les utiliza a niveles muy bajos de productividad. El otro elemento importante es el descenso secular que se presentan en la dimensión relativa del sector agrícola (Johnston y Mellor, 1972).

Las formas más importantes en que el incremento de la producción y la productividad agrícola contribuyen al crecimiento económico global pueden resumirse en cinco proposiciones:

- 1) Suministro de una mayor oferta de alimentos: el desarrollo económico se caracteriza por un incremento sustancial en la demanda de productos agrícolas; el fracaso para expandir la oferta de alimentos al ritmo de crecimiento de la demanda puede obstaculizar seriamente el crecimiento económico.
- 2) Aumento de las exportaciones agrícolas: la expansión de las exportaciones de productos agrícolas puede ser uno de los medios más prometedores de aumento del ingreso y de divisas, particularmente en las primeras etapas del desarrollo.
- 3) Transferencia de la fuerza de trabajo de la agricultura a los sectores no agrícolas: la fuerza de trabajo para la industria de transformación y otros sectores en expansión de la economía debe tomarse principalmente de la agricultura en las primeras etapas del desarrollo debido a que casi no existe otra fuente.
- 4) Las contribuciones de la agricultura a la formación de capital: la agricultura, como sector dominante de una economía subdesarrollada, puede y debe hacer una contribución neta al capital necesario para la inversión fija y para el crecimiento de la industria secundaria.
- 5) El incremento del ingreso neto rural de efectivo, como un estímulo de la industrialización: la elevación de los ingresos netos en efectivo de la

población agrícola puede ser importante como estímulo de la expansión industrial.

4.1.2 Funciones de la agricultura

En la mayor parte de los países, la agricultura representa todavía la base directa e indirecta de los medios de vida económicos para la mayor parte de la población. Por ello, no es de extrañar que, además de producir alimentos y fibra, la agricultura contribuya de muchas maneras a las actividades de las distintas sociedades. Suministra bienes y servicios que se pueden clasificar como "funciones" distintas. En vez de distinguir sencillamente entre productos alimentarios y no alimentarios, el concepto de CMFAT (Carácter Multifuncional de la Agricultura y la Tierra) implica la producción conjunta e integrada de una multiplicidad de resultados, que pueden ser importantes tanto para la sociedad como para el medio ambiente (FAO, 1999).

En el documento “El concepto de CMFAT” la FAO (1999) reconoce las siguientes funciones clave a las que contribuye la agricultura:

- Contribución a la seguridad alimentaria;
- Función ambiental, que comprende el incremento de los efectos positivos y la mitigación de los efectos negativos;
- Función económica, a saber, la producción primaria (de alimentos y otros bienes) y de productos y servicios relacionados con la capacidad agrícola/empresarial, actividades múltiples con efectos económicos más amplios y efectos directos e inducidos en los sistemas económicos;

- Función social, que comprende la viabilidad de las comunidades rurales y los medios de vida, la cultura y los valores culturales.

Los efectos conjuntos de las cuatro funciones contribuyen al logro del desarrollo rural.

1) Seguridad alimentaria

Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana (Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación). La seguridad alimentaria está interrelacionada con una variedad de factores, entre los que cabe citar la ordenación sostenible de los recursos naturales (agricultura, pesca y silvicultura), el aumento de la producción, las políticas en sus diferentes niveles, el comercio internacional, el mantenimiento de la biodiversidad, la protección del medio ambiente, la inversión, la paz y la estabilidad.

2) La función ambiental

El medio ambiente contribuye en forma decisiva al sostenimiento de toda la vida, así como a satisfacer la mayor parte de los requisitos para la prestación de servicios fundamentales, como el reciclado del aire y el agua, el suministro de materias básicas, energía y otros recursos, y en otras áreas, como las actividades de esparcimiento.

La agricultura y la correspondiente utilización de la tierra pueden tener efectos benéficos o nocivos. La agricultura puede condicionar el volumen y calidad del suministro de agua para las actividades industriales y la vida urbana, mediante el mantenimiento de las cuencas hidrográficas, la infiltración y un nivel estable de fluctuación en la capa freática. Puede ayudar también a combatir la erosión y, por lo tanto, las escorrentías excesivas que producen daños aguas abajo. En este último caso, el efecto económico es indirecto y prolongado.

Los beneficios ambientales directos de la agricultura son los siguientes: reducción de la contaminación como consecuencia de la ordenación de los suelos y de la vegetación; crecimiento de la biomasa y de la fijación de los nutrientes gracias a los cultivos mixtos, la explotación de la tierra y la aplicación de fertilizantes; mayor capacidad de recuperación del ecosistema, mediante técnicas que combaten la erosión.

La agricultura puede tener también efectos negativos en los ecosistemas y en la renovación de los recursos naturales. Como ejemplos cabe citar las partidas agrícolas con utilización excesiva de insumos químicos, riego y sistemas de labranza mecanizados. Los principales efectos negativos son la contaminación, la pérdida de resistencia y de diversidad de los ecosistemas cultivados y la ausencia de renovación de la estructura de los suelos, que hace que la tierra sea mucho más vulnerable a alteraciones externas y reduzca su capacidad de recuperación después de esas crisis.

El fortalecimiento de las capacidades de las instituciones locales para garantizar la ordenación sostenible de los recursos locales es fundamental. A fin de estimular la inversión y la planificación a más largo plazo, los agricultores deben de tener cierta seguridad en la tenencia de las tierras mediante derechos de propiedad adecuados, sistemas de acceso controlado u otros procedimientos. Cuando los derechos de acceso a los recursos son poco claros o sencillamente no se cumplen, es más probable que los usuarios utilicen los recursos para conseguir sus propios objetivos inmediatos. Los recursos no se administran tal vez en forma sostenible ni se renuevan, y acaban agotándose. Estas condiciones dan lugar inevitablemente a conflictos, de ahí que sea importante la resolución duradera de diferencias por medio de un nuevo contrato entre los usuarios o en relación con el Estado y otras partes interesadas.

3) La función económica

La principal función de la agricultura y la silvicultura es la producción física de bienes. Estos son principalmente alimentos destinados al consumo humano o al comercio (en forma de productos básicos). La producción primaria permite obtener también piensos y forrajes para el consumo animal, materias primas destinadas a la producción de energía (por ejemplo, para la cogeneración de calor y energía utilizando alcohol), biogás, sustancias farmacéuticas, y otros productos útiles en relación con el vestido, el hábitat y otros usos.

La agricultura continúa siendo una fuerza importante para sustentar el funcionamiento y crecimiento de toda la economía, incluso en sociedades

altamente industrializadas con pequeñas poblaciones rurales. La inversión o alguna nueva actividad, vinculada por ejemplo a la diversificación de la producción o a un mayor nivel de actividad, puede conseguir que la agricultura y la utilización correspondiente de la tierra generen efectos económicos tanto en las actividades iniciales como finales del ciclo productivo. En lo que respecta a la demanda, la agricultura requiere insumos en forma de mano de obra, diversos servicios y capital financiero. En cuanto a los resultados, la agricultura suministra productos y servicios que se elaboran, transportan, comercializan y distribuyen. Existen muchas vinculaciones con otros sectores. Todos estos efectos económicos se pueden estimar utilizando cálculos económicos y contables.

4) La función social

Los objetivos inmediatos son aumentar la viabilidad de las zonas rurales y sus comunidades y sustentar los valores culturales relacionados con la agricultura y la tierra tanto en las sociedades urbanas como rurales. No obstante, estos objetivos se consiguen de diferentes maneras, y con diferentes resultados.

Las zonas rurales están asociadas con los conceptos de "cultura", "tradición" e "identidad", que se consideran como realidades positivas, o incluso fundamentales. No obstante, las comunidades agrarias han sufrido transformaciones dramáticas. Por ejemplo, la migración de la mano de obra a las ciudades y los contactos con estos centros tienen grandes repercusiones en los ingresos y recursos rurales. En las zonas agrícolas más marginales, las

poblaciones residentes dependen ahora del intercambio permanente con el exterior y de la llegada de remesas. Los vínculos con los mercados urbanos y, en muchos casos, internacionales son características habituales de las economías rurales.

Este planteamiento comprende una gran variedad de actividades en relación con la tierra y la base de recursos, incluida la atención a algunas características naturales vitales, el mantenimiento de las actividades secundarias y terciarias relacionadas con la agricultura y la tierra, la conservación del patrimonio histórico y cultural, el esparcimiento y la migración de retorno de las personas retiradas. La integridad de las culturas locales y nacionales está muchas veces arraigada en sistemas de creencias e ideas que han aparecido gradualmente en las zonas rurales. Por ello, la viabilidad social no depende únicamente de la "función alimentaria".

El resultado del análisis se puede utilizar para evaluar y condicionar la dirección de las futuras intervenciones en la agricultura, teniendo en cuenta la necesidad de mantener los servicios básicos y las oportunidades económicas necesarias para que las zonas rurales continúen siendo atractivas para los miembros de la comunidad. En este contexto, conviene señalar la necesidad de escuelas, dispensarios y otros servicios de salud, la seguridad, las comunicaciones, las carreteras y el transporte.

La población de algunas sociedades, sobre todo en las que tienen un alto nivel de industrialización y de ingresos, ha manifestado gradualmente su preferencia

por formas de agricultura que conservan al menos en parte los paisajes históricos y reducen la contaminación. La demanda se expresa de diferentes maneras: en la política, mediante la aparición de partidos y programas "verdes", grupos o asociaciones de conservación de la naturaleza; en el mercado, por la aparición de una demanda de turismo rural y de productos de alta calidad, que transmiten una visión positiva -y hasta idealizada, en muchos casos- de los paisajes y culturas rurales. Esta demanda se puede manifestar en forma tanto pública como privada. Hay una demanda cada vez más clara de productos agrícolas "tradicionales" y artesanales, a fin de obtenerlos, los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto que por un artículo estándar equivalente. Los productores deben atenerse a reglamentos más estrictos en el caso de algunos productos (por ejemplo, en lo que se refiere al cuidado y alimentación de los animales).

Pero la demanda de conservación de los paisajes y culturas rurales no se agota con la demanda de los productos de la tierra. Hay también una demanda que tiene todas las características de la demanda pública: la de lugares de esparcimiento a los que todos tienen acceso (carácter no exclusivo). Así ocurre con los paisajes rurales. Algunos de estos atractivos se pueden expresar en forma de demanda de turismo y de ocio (hoteles, restaurantes, visitas a los museos, espectáculos). El mantenimiento de la demanda requiere la conservación de los aspectos visuales del paisaje original (terraplenes o infraestructuras preexistentes, setos, árboles y arboledas, uso de materiales locales para la construcción, técnicas, etc.). Incluso los paisajes fuertemente

transformados como consecuencia de una intensa presión demográfica, por ejemplo, las zonas costeras y otras regiones del litoral, se están modificando cada vez más para recuperar su carácter original.

Finalmente, muchas partes interesadas -en diferentes niveles y escalas- son la clave para el futuro de la agricultura y la tierra. Las preferencias y acciones de las partes interesadas en relación a los bienes y servicios se expresan directamente a través de los mercados, e indirectamente mediante las instituciones públicas (locales, estatales o de otro tipo). Estas están al centro de cuestiones de liderazgo efectivo, toma de decisiones y potenciamiento en el nivel local, subregional y nacional. En lo que se refiere al alcance local, las partes interesadas son los agricultores y otros grupos directamente relacionados con la producción, así como los grupos de gestión y propiedad de las tierras. Intervienen también servicios rurales no agrícolas, con la banca y la administración.

4.2 Aclaración de términos

Es importante conocer el significado de diversos términos utilizados cuando se trata el tema de biocombustibles, ya que es posible confundir o ignorar a lo que se está haciendo referencia, por ello se presenta un apartado en el cual se describen de manera sencilla y en general las palabras o expresiones más usadas.

4.2.1 Biomasa

La Fundación Tierra (2002) define a la biomasa como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de ésta. La biomasa tiene en común que deriva directa o indirectamente del proceso de fotosíntesis. Por este motivo, se la considera una fuente de energía renovable. Es decir, que la energía que puede obtenerse de la biomasa proviene de la luz del sol.

El concepto de biomasa energética incluye todos los materiales vegetales que no pueden utilizarse con fines alimentarios o industriales. Por lo tanto, todos los productos alimentarios y los combustibles fósiles (a pesar de ser también el resultado de una forma de almacenamiento de la energía solar) no se incluyen dentro del concepto de biomasa, según la misma Fundación *op. cit.*

De acuerdo con su origen, la biomasa se clasifica en las siguientes formas:

- Biomasa natural: la que producen los ecosistemas silvestres. El 40% de la biomasa que se produce en la Tierra, aproximadamente, está en los océanos.
- Biomasa residual: la que se puede extraer de los residuos agrarios y forestales y de las actividades humanas. Las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, así como las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera, generan una serie de residuos y subproductos que son utilizables como biomasa para obtener energía. Otros materiales derivados de la biomasa aprovechables por su valor

energético son los residuos biodegradables (vertidos ganaderos, vertidos de aguas residuales, cienos de depuradora, etc.)

- Cultivos energéticos: recibe esta denominación cualquier cultivo agrario cuya única finalidad sea proporcionar material para destinarlo a su aprovechamiento energético. Los cultivos que suelen labrar con esta finalidad se caracterizan por dos aspectos concretos. Por una parte, por su alta producción por unidad de superficie y año y, por otra, por los pocos requerimientos que exige su cultivo.

De manera sintética, la FAO (2006) define a la biomasa como un material de origen biológico, que incluye plantas y animales vivos, y sus residuos, pero excluye materia orgánica fosilizada incrustada en formaciones geológicas.

4.2.2 Bioenergía

La FAO *op. cit.* dice que la bioenergía es energía producida, directa o indirectamente, a partir de la biomasa. Los recursos bioenergéticos incluyen la biomasa arbórea, como la leña, el carbón vegetal y los residuos forestales; los cultivos energéticos, como el azúcar y los cereales; y los subproductos agrícolas y ganaderos, como la paja, las hojas, los tallos, las cáscaras, las vainas y el estiércol. La bioenergía es definida como una energía renovable y tiene tres aplicaciones principales: generación de electricidad, calefacción y combustible para el transporte.

4.2.3 Biocombustibles

Los biocombustibles son alcoholes, éteres, esteres y otros productos químicos que provienen de estos compuestos orgánicos de base celulósica (biomasa) que se extrae de plantas silvestres o de cultivo. El término biocombustible se aplica tanto a los combustibles destinados a producir electricidad como a los que se utilizarán en los medios de transporte. Principalmente, los biocarburantes o biocombustibles líquidos están destinados a la automoción; sin embargo, representan un sector, el transporte, muy relevante en el camino hacia la renovación de la economía energética actual (Fundación Tierra, 2002).

La misma Fundación *op. cit.* aclara que, el término de biocarburantes, agrupa al conjunto de combustibles líquidos de origen orgánico que provienen de las distintas transformaciones que ha sufrido la materia orgánica. Los biocarburantes se pueden dividir en dos grupos básicos. Por una parte, encontramos los bioalcoholes, que provienen de la fermentación alcohólica de cultivos vegetales ricos en almidón y, por otra, los bioaceites, derivados de diversos tipos de especies oleaginosas, así como también de la transformación de los aceites vegetales fritos.

La ventaja de este tipo de combustibles radica en su origen. Proviene de material de forraje vegetal, al cual se le ha extraído parte del dióxido de carbono que se podría liberar en la atmósfera. Por eso, la utilización de los biocarburantes como combustibles no implica un aumento neto de dióxido de carbono a la atmósfera, de manera que contribuye a minimizar el efecto de los gases invernadero, de acuerdo con información de la Fundación *op. cit.*

Según la FAO (2008) se puede decir que los biocombustibles son una fuente de energía renovable, porque son una forma de energía solar transformada. Se pueden clasificar según la fuente y el tipo. Se derivan de productos forestales, agrícolas y pesqueros o desechos municipales, así como de subproductos y desechos de la agroindustria, la industria alimentaria y los servicios alimentarios. Pueden ser *sólidos*, como la leña, el carbón vegetal y los gránulos de madera; *líquidos*, como el etanol, el biodiésel y el aceite de pirólisis, o *gaseosos*, como el biogás. También se hace una distinción elemental entre biocombustibles *primarios* (sin elaborar) y *secundarios* (elaborados):

- **Los biocombustibles primarios**, como la leña, las astillas y los gránulos de madera son aquellos en los que el material orgánico se usa esencialmente en su forma natural (tal como se han recogido). Este tipo de biocombustible es de combustión directa y en general se usa para satisfacer la demanda de combustible para cocinar o generar calefacción o electricidad en aplicaciones industriales en pequeña y gran escala.
- **Los biocombustibles secundarios** en forma sólida (por ejemplo, el carbón vegetal), líquida (por ejemplo, el etanol, el biodiésel y el biopetróleo), o gaseosa (por ejemplo, el biogás, el gas de síntesis y el hidrógeno) pueden usarse en un número mayor de aplicaciones, como el transporte y procesos industriales a altas temperaturas.

4.2.4 Biocombustibles líquidos para el transporte

A pesar de su volumen general limitado (ya que el 80% es para uso residencial; el 18% para uso industrial; y el 2% para el transporte), en años recientes han sido los biocombustibles líquidos para el transporte, producidos mayormente a partir de productos agrícolas y alimenticios básicos como materia prima, los que han conocido un crecimiento más rápido. Los casos más significativos son los del etanol y el biodiésel (Agencia Internacional de Energía, citado por FAO, 2008).

4.2.4.1 Etanol

Según la Asociación Mundial de la Bioenergía, citado por FAO (2008) el etanol es cualquier materia prima con un alto contenido de azúcar, o de ingredientes que se convierten en azúcar como el almidón o la celulosa, se puede usar para producir etanol. El etanol actualmente disponible en el mercado de biocombustibles se produce a partir de azúcar o de almidón. Los cultivos de azúcar comúnmente usados como materia prima son la caña de azúcar, la remolacha azucarera y el sorgo azucarado. Entre las féculas que se usan comúnmente como materia prima se encuentran el maíz, el trigo y la yuca. La manera más simple de producir etanol es mediante la fermentación de biomasa con contenido de azúcar directamente convertible en etanol. En el Brasil y otros países tropicales que actualmente producen etanol, la materia prima más ampliamente usada con ese fin es la caña de azúcar. En los países de la OCDE la mayor parte del etanol se produce a partir del componente feculento de los

cereales (aunque también se usa la remolacha azucarera), bastante fácilmente convertible en azúcar. Sin embargo, estos productos feculentos representan solo un pequeño porcentaje de la masa vegetal total. En la mayoría de los casos, la materia vegetal se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina; las dos primeras se pueden convertir en alcohol una vez convertidas en azúcar, aunque este procedimiento es más difícil que el de convertir almidón en azúcar. En la actualidad, no existe prácticamente producción comercial de etanol a partir de biomasa celulósica, pero se siguen realizando investigaciones importantes en ese ámbito.

De acuerdo con información de la Asociación *op. cit.* el etanol puede mezclarse con gasolina o quemarse puro en motores de encendido por chispa ligeramente modificados. Un litro de etanol contiene aproximadamente el 66% de la energía suministrada por un litro de petróleo, pero posee un nivel más elevado de octano y, mezclado con gasolina para el transporte, mejora el rendimiento de esta última. Mejora además el consumo de combustible de los vehículos, con lo que se reduce la emisión de monóxido de carbono, hidrocarburos sin quemar y carcinógenos. No obstante, la combustión de etanol también provoca una reacción más fuerte con el nitrógeno de la atmósfera, lo que puede resultar en un aumento marginal de los gases de óxido de nitrógeno. En comparación con la gasolina, el etanol contiene solo una cantidad ínfima de azufre. Por tanto, la mezcla de etanol con gasolina ayuda a reducir el contenido de azufre del combustible y, consiguientemente, reduce también las emisiones de óxido de azufre, componente de la lluvia ácida y carcinógeno.

4.2.4.2 Biodiesel

El biodiesel se produce a partir de la combinación de aceite vegetal o grasa animal con un alcohol y un catalizador por medio de un proceso químico conocido como *transesterificación*. Se puede extraer aceite para producir biodiesel de casi cualquier cultivo oleaginoso; a nivel mundial las fuentes más populares de biodiesel son, en Europa, la colza, y en el Brasil y los Estados Unidos de América, la soja. En los países tropicales y subtropicales se produce biodiesel a partir de aceite de palma, coco o jatrofa (Asociación *op. cit*).

4.3 Materias primas para biocombustibles

Existen muchas fuentes de suministro de biomasa para la producción de energía, repartidas entre amplias y diversas zonas geográficas. Todavía hoy, la mayor parte de la energía obtenida a partir de biomasa y usada como combustible se deriva de subproductos o coproductos de la elaboración de alimentos, forrajes y fibras. Por ejemplo, los principales subproductos de las industrias forestales se emplean para producir leña y carbón vegetal, a la vez que el licor negro (subproducto del pulpeo) es una fuente importante de combustible para la generación de bioelectricidad en países como Brasil, Canadá, Estados Unidos de América, Finlandia y Suecia. Una cantidad considerable de calor y energía se deriva de la biomasa forestal recuperada o reciclada y de la biomasa derivada de tierras de cultivo (paja y tallos de algodón) y tierra forestal (astillas y gránulos) se recuperan cantidades cada vez mayores de energía. En los países productores de azúcar o café, el bagazo de

caña y la cáscara del café se utilizan para la combustión directa y para producir calor, energía y vapor (FAO, 2008).

En términos de bioenergía, sin embargo, el ámbito de mayor crecimiento durante los últimos años ha sido el de la producción de combustibles líquidos para el transporte a partir de cultivos agrícolas como materia prima. En su mayor parte, han adquirido la forma de etanol, producido a partir de cultivos de azúcar o almidón, o de biodiesel derivado de cultivos oleaginosos (FAO *op. cit*).

Como se muestra en la siguiente figura, se puede usar toda una gama de cultivos como materia prima para producir etanol y biodiesel. No obstante, en su mayor parte, la producción mundial de etanol se deriva de la caña de azúcar o el maíz; en el Brasil, el mayor porcentaje de la producción de etanol se deriva de la caña de azúcar, y en los Estados Unidos de América, del maíz. Entre otros cultivos importantes se cuentan la yuca, el arroz, la remolacha azucarera y el trigo. En el caso del biodiesel, las materias primas de mayor popularidad son la colza en la Unión Europea, la soja en los Estados Unidos de América y el Brasil, y los aceites de palma y coco en los países tropicales y subtropicales (FAO *op. cit*).

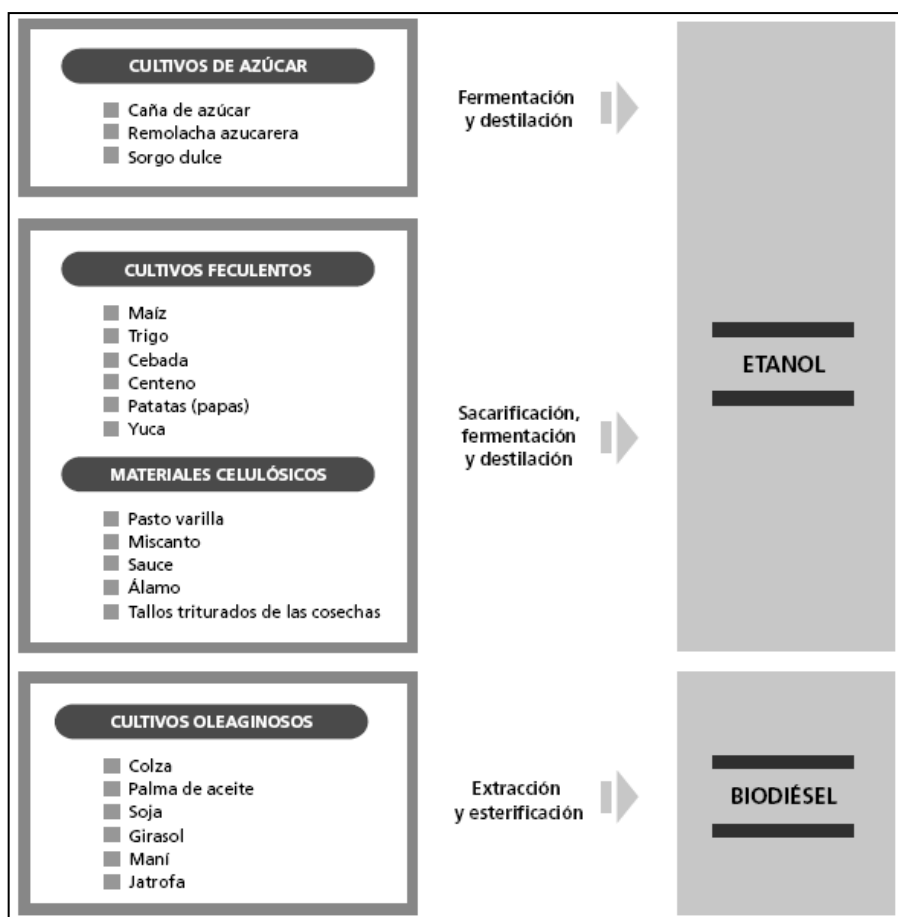


Figura 1. Conversión de materias primas agrícolas en biocombustibles líquidos. Fuente: FAO, 2008

4.4 Biocombustibles y agricultura

La expansión y el crecimiento actual de los mercados energéticos, como resultado de la aplicación de nuevas políticas energéticas y ambientales en la mayoría de los países desarrollados y varios países en desarrollo, en el pasado decenio, están reconfigurando el papel de la agricultura (FAO *op. cit.*).

Más importante aún es el papel cada vez mayor de ese sector como proveedor de materia prima para la producción de biocombustibles líquidos para el

transporte, en particular etanol y biodiesel. La bioenergía moderna constituye una nueva fuente de demanda de productos agrícolas, por lo que abre perspectivas de generación de ingresos y creación de empleos. Al mismo tiempo, genera una competencia cada vez más fuerte por los recursos naturales, particularmente la tierra y el agua, sobre todo a corto plazo, si bien a la larga el aumento de los rendimientos podría mitigar dicha competencia. La competencia por la tierra se convierte en un problema sobre todo cuando algunos de los cultivos (por ejemplo, el maíz, el aceite de palma y la soja), que actualmente se cosechan para producir alimentos y piensos, se destinan a la producción de biocombustibles, o cuando se convierten tierras agrícolas orientadas hacia la producción de alimentos en tierras para producir biocombustibles (FAO *op. cit*).

Actualmente, cerca del 85% de la producción mundial de biocombustibles líquidos está representada por el etanol (Cuadro 1). Los dos mayores productores de etanol, Brasil y Estados Unidos de América, aportaron casi el 90% de la producción mundial, cuyo 10% restante se reparte entre Canadá, China, la Unión Europea (principalmente Francia y Alemania) y la India. La producción de biodiesel se concentra principalmente en la Unión Europea (a la que corresponde cerca del 60% del total), mientras que los Estados Unidos de América aportan una contribución considerablemente menor. En el Brasil, la producción de biodiesel es un fenómeno más reciente y el volumen de la producción sigue siendo limitado. Entre otros productores importantes de biodiesel cabe mencionar China, la India, Indonesia y Malasia (FAO *op. cit*).

Cuadro 1. Producción de biocombustibles por países, 2007.

País o grupo de países	Etanol (millones de litros)	Biodiesel (millones de litros)	Total (millones de litros)
Brasil	19,000	227	19,227
Canadá	1,000	97	1,097
China	1,840	114	1,954
India	400	45	445
Indonesia	0	409	409
Malasia	0	330	330
Estados Unidos	26,500	1,688	28,188
Unión Europea	2,253	6,109	8,361
Otros	1,017	1,186	2,203
Mundo	52,009	10,204	62,213

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAO (2008).

Existen amplias diferencias entre los cultivos en lo que respecta al rendimiento de biocombustible por hectárea, en dependencia tanto de la materia prima y el país como del sistema de producción, tal como se ilustra en el Cuadro 2. Estas variaciones se deben lo mismo a diferencias en los rendimientos por hectárea de cultivos y países que a diferencias entre los cultivos en cuanto a su eficiencia en materia de conversión. Ello supone diferencias considerables respecto de las necesidades de tierra para aumentar la producción de biocombustibles en dependencia del cultivo y el lugar. Actualmente, la producción de etanol a partir de la caña de azúcar o la remolacha azucarera exhibe los rendimientos más altos, con Brasil a la cabeza de los países que producen etanol a partir de la caña de azúcar en lo que se refiere al rendimiento de biocombustible por hectárea, seguido de cerca por la India. Los rendimientos por hectárea son algo

más bajos en el caso del maíz, aunque con marcadas diferencias entre éstos; por ejemplo, en China y los Estados Unidos de América. Los datos que se muestran en el Cuadro 2 reflejan solamente los rendimientos técnicos. Lo que cuesta producir biocombustibles a partir de diferentes cultivos en diferentes países puede seguir patrones muy diferentes.

Cuadro 2. Rendimiento de los biocombustibles para diferentes materias primas y países.

Cultivo	Estimaciones nacionales	Biocombustible	Rendimiento del cultivo Ton/Ha	Eficiencia de conversión Litros/Ton	Rendimiento del biocombus. Litros/Ha.
Caña de azúcar	Brasil	Etanol	73.5	74.5	5,476
Caña de azúcar	India	Etanol	60.7	74.5	4,522
Palma de aceite	Malasia	Biodiesel	20.6	230	4,736
Palma de aceite	Indonesia	Biodiesel	17.8	230	4,092
Maíz	E. Unidos	Etanol	9.4	399	3,751
Maíz	China	Etanol	5.0	399	1,995
Yuca	Brasil	Etanol	13.6	137	1,863
Yuca	Nigeria	Etanol	10.8	137	1,480
Soja	E. Unidos	Biodiesel	2.7	205	552
Soja	Brasil	Biodiesel	2.4	205	491

Fuente: Elaboración propia con datos de Nylor *et al.* citado por FAO 2008.

CAPITULO 5. EXPERIENCIA EN PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

En base a la información presentada anteriormente, se puede notar que el papel de la agricultura se está reconfigurando, lo cual se refiere principalmente a que su rol como proveedora de materias primas para alimentos, no será su única finalidad, sino que se anexan actividades como turismo o el crecimiento de mercados energéticos a través de cultivos agrícolas, lo cual se analizará en el siguiente capítulo; sin embargo esta última actividad ha tomado gran fuerza en el decenio pasado por las consecuencias que han generado las nuevas políticas energéticas y ambientales que países como Brasil, Estados Unidos o la Unión Europea han establecido y que a continuación se presentará.

5.1 Las políticas sobre biocombustibles en Brasil

Alrededor del 45% de toda la energía consumida en Brasil proviene de fuentes renovables, gracias al uso combinado de la hidroelectricidad (14.5%) y la biomasa (30.1%); en el 2006, la caña de azúcar representó el 32.2% de la energía renovable del suministro interno y el 14.5% del suministro interno total de energía (Asociación Mundial de la Bioenergía (GBEP) citado por FAO, 2008).

El Brasil ha sido uno de los primeros países en establecer reglamentos nacionales en el sector de la bioenergía y ha acumulado una considerable experiencia y conocimientos especializados en la esfera de los biocombustibles, particularmente en lo que se refiere al uso del etanol como combustible para el

transporte. La experiencia del Brasil en el uso del etanol como aditivo de la gasolina se remonta a la década del 1920, aunque no fue hasta 1931 que el combustible producido a partir del azúcar comenzó a mezclarse oficialmente con gasolina. En 1975, tras la primera crisis del petróleo, el Gobierno del Brasil puso en marcha el Programa Nacional sobre Etanol (ProAlcool), creando así las condiciones para un desarrollo en gran escala de la industria azucarera y del etanol. El programa estaba encaminado a reducir las importaciones de energía y fomentar la independencia energética. Sus principales objetivos consistían en introducir en el mercado una mezcla de gasolina y etanol anhidro y crear incentivos para el desarrollo de vehículos alimentados exclusivamente por etanol hidratado. Tras la segunda crisis causada por el aumento de los precios del petróleo, en 1979, se puso en marcha un programa más ambicioso y amplio para promover el desarrollo de nuevas plantaciones y una flota de vehículos alimentados exclusivamente por etanol. Se introdujeron una serie de incentivos fiscales y financieros. El programa suscitó una fuerte respuesta y la producción de etanol aumentó rápidamente, al igual que el número de vehículos alimentados exclusivamente por etanol (GBEP *op. cit.*).

Se suponía que los subsidios ofrecidos por el programa serían temporales, en la misma medida en que a largo plazo los altos precios del crudo redundarían en una mayor competitividad del etanol respecto de la gasolina. Sin embargo, tras la caída de los precios internacionales del petróleo en 1986, se volvió problemática la eliminación de los subsidios. Por otro lado, el aumento de los precios del azúcar provocó una escasez de etanol, y en 1989 en varios de los

principales centros de consumo tuvieron lugar déficits acentuados que redujeron la credibilidad del programa (GBEP *op. cit.*).

El período de 1989 a 2000 se caracterizó por el desmantelamiento del conjunto de incentivos económicos que el Gobierno ofrecía al programa, como parte de un proceso más amplio de desregulación que llegó a afectar la totalidad del sistema de suministro de combustible del Brasil. En 1990, se abolió el Instituto de Azúcar y Alcohol, que durante más de seis décadas había regulado la industria azucarera y del alcohol del Brasil, con lo que la planificación y ejecución de la producción, la distribución y las ventas de la industria se fueron transfiriendo de manera gradual al sector privado. Eliminados los subsidios, disminuyó drásticamente el uso del etanol hidratado como combustible. No obstante, la mezcla de etanol anhidro con gasolina se vio fomentada por el establecimiento en 1993 de un requisito obligatorio de mezcla en el que se especificaba que se debía añadir un 22% de etanol anhidro a toda la gasolina distribuida en las gasolineras. El requisito de mezcla se mantiene en vigor y el Consejo Interministerial del Azúcar y el Alcohol se encarga de establecer el porcentaje requerido, que puede oscilar entre el 20 y el 25% (GBEP *op. cit.*).

La fase más reciente de la experiencia de Brasil en la esfera de la producción de etanol se inició en 2000 con la revitalización del etanol como combustible, y estuvo marcada por la liberalización de los precios en la industria en 2002. Siguieron aumentando las exportaciones de etanol a causa de los elevados precios del petróleo en el mercado mundial. La dinámica de la industria del

azúcar y el etanol empezó a depender mucho más de los mecanismos de mercado, particularmente en los mercados internacionales. Se han realizado inversiones considerables en la industria, con lo que se ha ampliado la producción y modernizado las tecnologías. Un factor importante del desarrollo del mercado interno en los últimos años ha sido la inversión de la industria automovilística en autos alimentados por biocarburantes o biocombustibles a base de alcohol y gasolina, también conocidos como autos de combustible flexible, capaces de funcionar con una mezcla de gasolina y etanol (GBEP *op. cit.*).

En cambio, la industria del biodiesel está todavía en simientes en el Brasil, y las políticas sobre biodiesel datan de fecha mucho más reciente. En la ley sobre biodiesel de 2005 se establecieron requisitos mínimos de mezcla del 2% y del 5% para 2008 y 2013, respectivamente. En respuesta a preocupaciones sobre la inclusión social y el desarrollo regional, se estableció en pequeñas explotaciones agrícolas familiares de las regiones norte y noreste del país un sistema de incentivos fiscales a la producción de materias primas para el biodiesel. Conforme a un plan especial, el programa «Sello de combustible social», los productores de biodiesel que compren materias primas en pequeñas explotaciones agrícolas familiares de las regiones pobres pagan menos impuestos federales y pueden obtener financiación del Banco de Desarrollo del Brasil. Los agricultores están organizados en cooperativas y reciben capacitación de extensionistas (GBEP *op. cit.*).

Las políticas actuales de Brasil en materia de bioenergía se rigen por las Directrices normativas del Gobierno Federal sobre agroenergía, elaboradas por un equipo interministerial. En relación con la política general del Gobierno Federal, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento ha elaborado un programa con el fin de satisfacer las necesidades de bioenergía del país. El objetivo del Plan agroenergético del Brasil 2006-2011 es garantizar la competitividad de la agroindustria brasileña y apoyar políticas públicas concretas, como la inclusión social, el desarrollo regional y la sostenibilidad ambiental (GBEP *op. cit.*).

5.2 Las políticas sobre biocombustibles en los Estados Unidos de América

Actualmente en los Estados Unidos de América la producción de etanol a partir de maíz constituye la mayor parte de las producciones de biocombustibles con un volumen de producción de 30,000 millones de litros en 2007; el segundo lugar lo ocupan los biocombustibles derivados de la soja, cuya producción alcanzó los 2,000 millones de litros el mismo año (GBEP citado por FAO, 2008). Además, se están dedicando considerables recursos financieros al desarrollo y la aplicación de tecnologías de producción de biocombustibles de nueva generación (según el ATAG (2010) los biocombustibles de nueva generación son cultivos de rápido crecimiento, sin usos alimentarios y que no ocupan terrenos que pudieran destinarse a la producción de alimentos, como las algas y la jatrofa, los cuales se encuentran en fase avanzada de desarrollo para su uso en aviación).

En la actualidad, se está aplicando toda una serie de políticas cuyo objetivo es fomentar el uso de la bioenergía: la Ley de política energética de 2005, la Ley de independencia y seguridad energéticas de 2007, el Proyecto de Ley agrícola de 2002 y la Ley de investigación y desarrollo de la biomasa del año 2000. Muchas de estas políticas afectan a la producción de biocombustibles líquidos para el transporte (GBEP *op. cit.*).

La Ley del impuesto sobre la energía de 1978, aplicada durante la presidencia de Carter y tras la crisis provocada por los precios del petróleo en la década de 1970, representó el punto de partida para los incentivos financieros en la producción de biocombustibles. Este decreto otorgaba una exención de impuestos sobre la venta de mezclas de combustibles alcohólicos de un 100 por ciento del impuesto sobre la gasolina, que en aquel entonces era de 4 centavos el galón. Más recientemente, la Ley de creación de empleo de los Estados Unidos de 2004 instauró la bonificación fiscal del impuesto sobre las ventas de etanol volumétrico, de 51 centavos por galón de etanol dirigida a mezcladores y minoristas. La Ley de política energética de 2005 amplió la bonificación fiscal para que se incluyera también el biodiesel y la prolongó hasta 2010. Según este decreto, a los productores de biodiesel que utilizan materias primas agrícolas se les otorga una bonificación fiscal equivalente a 1 USD por galón, mientras que a los que utilizan aceites usados reciben sólo 0.50 USD por galón. Además, algunos estados ofrecen algún tipo de exención de impuestos sobre las ventas. El decreto relativo a la bonificación fiscal es válido para todos los biocombustibles, independientemente de su país de origen. Sin embargo, sobre

el etanol de importación se ha impuesto un arancel *ad valorem* de 0,54 USD por galón y un 2.5% (GBEP *op. cit.*).

Por otra parte, la Ley de política energética de 2005 también fijó objetivos cuantitativos para los combustibles renovables. Por ejemplo, estableció las Normas para combustibles renovables que resolvían que en el año 2012 el volumen de venta de gasolina para motores en los Estados Unidos de América debía alcanzar los 7,500 millones de galones (1 galón = 3,785 litros) y que, a partir de ese año, debía mantenerse dicha cantidad. Además, algunos estados han aplicado, o planean aplicar, su propia normativa en materia de biocombustibles renovables. Este decreto, además, aportó más de 500 millones de USD para continuar financiando el Programa de biomasa. Los objetivos de este programa consisten en fomentar el uso de la biotecnología y otros métodos nuevos para generar biocombustibles obtenidos a partir de materias primas celulósicas y que sean competitivos en función de los costos con la gasolina y el diesel; aumentar la producción de bioproductos que reduzcan el uso de combustibles fósiles en las fábricas; y finalmente demostrar la aplicación comercial de las biorefinerías integradas que usan materias primas celulósicas para producir biocombustibles de transporte líquidos, sustancias químicas de alto valor, electricidad y calor (GBEP *op. cit.*).

La Ley de independencia y seguridad energéticas de 2007 fijó unos objetivos cuantitativos más ambiciosos. En particular estipuló que en el año 2008, 9,000 millones de galones del total de combustibles deberían ser de origen renovable

y que a partir de entonces debería producirse un incremento progresivo de dicha cantidad hasta llegar a los 36,000 millones de galones en 2022. De estos últimos, 21,000 millones deberán proceder de nuevos combustibles (desglosados en 16,000 millones de origen celulósico y los 5,000 millones restantes de origen no diferenciado) (GBEP *op. cit.*).

Desde el punto de vista de las ayudas, la Ley de independencia y seguridad energéticas de 2007 concederá 500 millones de USD anuales todos los años fiscales comprendidos entre 2008 y 2015 que se destinarán a la producción de nuevos biocombustibles que reduzcan el ciclo vital de las emisiones de gases de efecto invernadero por lo menos en un 80% con respecto a los combustibles que se usan actualmente. Asimismo se ha previsto un programa de concesión de 200 millones de USD para la instalación de infraestructuras de reabastecimiento de etanol-85 (GBEP *op. cit.*).

Con el fin de promover los beneficios del uso y la producción de biocombustibles, el Proyecto de Ley Agrícola de 2002 incluyó varias disposiciones para fomentar el desarrollo de las biorefinerías, proporcionar incentivos a los productores de materias primas y llevar a cabo programas de enseñanza destinados a los agricultores, a las autoridades locales y a la sociedad civil. El Proyecto de Ley Agrícola de 2007, aprobado en el Congreso en mayo de 2008, redujo la bonificación fiscal para el etanol producido a partir de maíz de 51 a 45 centavos por galón e introdujo una bonificación fiscal de

1.01 USD por galón para el etanol producido a partir de celulosa (GBEP *op. cit.*).

5.3 Las políticas sobre biocombustibles en la Unión Europea

Durante los últimos diez años, la producción y el uso de biocombustibles en la Unión Europea (UE) ha aumentado considerablemente. En 2007 se produjeron 9,000 millones de litros, en su mayoría biodiesel (6 000 millones de litros). El sector ha experimentado un crecimiento muy rápido; Alemania genera más de la mitad de la producción de biodiesel en la UE. La colza es la principal materia prima que se utiliza (alrededor del 80%), junto con el aceite de girasol y el de soja que componen el resto. La industria de la UE ha ido más despacio a la hora de invertir en la producción de etanol, que consistió en un total de 3,000 millones de litros en 2007. La remolacha azucarera y los cereales son las materias primas fundamentales del etanol (GBEP *op. cit.*).

La legislación de la UE sobre biocombustibles se basa en tres Directivas principales. La Directiva 2003/30/CE, para promover un mercado de biocombustibles en la UE, constituye el primer pilar. Con el fin de incentivar el uso de biocombustibles, en competencia con combustibles fósiles menos costosos, la Directiva establece un «objetivo de referencia» voluntario del 2% del consumo de biocombustibles para 2005 (basándose en el contenido energético) y del 5.75% para el 31 de diciembre de 2010. Ésta obliga a los Estados miembros a establecer objetivos nacionales indicativos de la proporción de biocombustibles, siguiendo la línea de los porcentajes de

referencia de la Directiva, si bien los Estados miembros son libres de escoger su propia estrategia para cumplir dichos objetivos (GBEP *op. cit.*).

El segundo pilar es la Directiva 2003/96/CE, que permite aplicar incentivos fiscales para los biocombustibles. Debido a que la tributación no está dentro de la esfera de acción de la Comunidad Europea, cada Estado miembro es libre de decidir el nivel de tributación en biocombustibles y combustibles fósiles. Sin embargo, dichas exenciones de impuestos se consideran una ayuda del Estado al medio ambiente y, por lo tanto, para que los Estados miembros puedan aplicarlas necesitan la autorización de la Comisión con el fin de evitar distorsiones indebidas de la competencia (GBEP *op. cit.*).

El tercer pilar de la legislación sobre biocombustibles de la UE atañe a las especificaciones medioambientales para combustibles señaladas en la Directiva 98/70/CE, modificada por la Directiva 2003/17/CE. La Directiva especifica un límite del 5% sobre la mezcla de etanol por razones medioambientales. La Comisión de la UE ha propuesto una modificación que considere una mezcla del 10% para el etanol (GBEP *op. cit.*).

También se ha introducido el apoyo a la bioenergía como parte de la Política Agrícola Común, especialmente tras su reforma en 2003. Al separar los pagos a los agricultores de los cultivos específicos que producen, la reforma les permitió aprovechar tanto las oportunidades del nuevo mercado como las ofrecidas por los biocombustibles. Se dispone de una ayuda especial de 45 EUR por hectárea

para los cultivos energéticos sobre tierra en barbecho (zonas destinadas al cultivo de productos alimenticios tradicionales). Además, mientras los agricultores no puedan cultivar alimentos sobre la tierra en barbecho, tienen la posibilidad de utilizar este suelo para cultivos de productos no alimenticios, como los biocombustibles, y tienen derecho a recibir pagos compensatorios por hectárea (GBEP *op. cit.*).

La nueva política sobre el desarrollo rural de la UE ha fomentado el respaldo a la bioenergía con medidas de apoyo para las energías renovables, como son las subvenciones y los costos de capital para impulsar la producción de biomasa (GBEP *op. cit.*).

En marzo de 2007, el Consejo Europeo, basándose en la comunicación de la Comisión titulada *Una política energética para Europa*, refrendó un objetivo vinculante según el cual para 2020 un 20% del consumo energético general de la UE debería consistir en energías renovables, así como un objetivo vinculante mínimo para el mismo año de un 10% de los biocombustibles en el consumo general de diesel y petróleo de la UE para el transporte. Este último objetivo depende de la producción sostenible, los biocombustibles de segunda generación, que pasan a ser comercialmente disponibles, y de la Directiva sobre la calidad de los combustibles, que fue modificada para favorecer los niveles de mezcla adecuados (Consejo de la Unión Europea, 2007). El 23 de enero de 2008 la Comisión Europea propuso al Consejo y al Parlamento

Europeo una Directiva sobre energías renovables que contenía los dos objetivos y los criterios de sostenibilidad para biocombustibles (GBEP *op. cit.*).

5.4 El caso de México

El caso de México difiere en mucho de los antes mencionados por una razón importante y es que, por ser un país petrolero, ha descuidado la generación de energía a base de recursos renovables como son: el sol, el viento, la biomasa, etcétera, lo cual lo ha llevado a tener una desventaja en tiempo con respecto de Brasil, Estados Unidos y todos los países que ya están produciendo bioetanol o biodiesel a partir de biomasa de primera o segunda generación. Y es que a manera de ejemplo, Brasil lleva más de setenta años de experiencia y conocimientos especializados en la producción de biocombustibles, principalmente en lo que se refiere al uso de etanol como combustible para el transporte.

Según un estudio solicitado por la Secretaría de Energía (2006) argumenta que la principal razón que explica tal descuido en el desarrollo de la biomasa, se le atribuye a PEMEX (Petróleos Mexicanos) y a la falta de investigación y desarrollo científico y tecnológico. Agrega que a PEMEX -un monopolio institucional- sólo le interesa vender sus combustibles crecientemente de importación y en realidad ha desalentado siempre los esfuerzos aislados que se han hecho en nuestro país para avanzar en la fabricación del bioetanol. Los industriales del azúcar y las autoridades han cerrado instituciones de

investigación y retirado presupuestos para tal propósito lo cual limita una visión de futuro.

En México, en virtud de las características de su producción agrícola, su bajo grado de autosuficiencia alimentaria, de la organización social en la producción de maíz y sus generosos trópicos, debemos mencionar en primer lugar a la caña de azúcar, a la remolacha azucarera y a la yuca como materias primas prioritarias para la producción de bioetanol. También, en determinadas zonas con problemas puntuales de calidad de suelos o de carácter climático, que se reflejan en baja productividad y desperdicio de recursos, se podrían considerar los cultivos del trigo y del sorgo.

CAPITULO 6. PANORAMA GENERAL DE LA AGRICULTURA MEXICANA

Según Sexton *et al.* citado por FAO (2008) la agricultura y la energía han estado siempre estrechamente vinculadas, aunque el carácter y la intensidad de esos vínculos han ido cambiando con el tiempo. La agricultura ha sido siempre una fuente de energía, y la energía es un insumo importante de la producción agrícola moderna. Hasta el siglo XIX, los animales proveían casi todo el «caballaje» que se usaba para la transportación y la maquinaria agrícola, y así sigue siendo en muchas partes del mundo. La agricultura produce el «combustible» necesario para alimentar esos animales; hace dos siglos, cerca del 20 por ciento de las tierras agrícolas de los Estados Unidos de América se utilizaba para alimentar a animales de tiro.

En el siglo XX se debilitaron los nexos entre los mercados de productos agrícolas y los mercados de productos energéticos a medida que los combustibles fósiles adquirían mayor importancia en el sector del transporte. Al mismo tiempo, se fortalecieron los vínculos en el plano de los insumos, al aumentar cada vez más la dependencia de la agricultura respecto de los fertilizantes químicos derivados de combustibles fósiles y de las maquinarias movidas por diesel. A menudo, también el almacenamiento, la elaboración y la distribución de los alimentos son actividades que requieren un gran consumo de energía. Por tanto, el aumento de los costos de la energía repercute de manera directa y considerable en la producción agrícola y los precios de los alimentos.

La reciente aparición de los biocombustibles líquidos para el transporte derivados de cultivos agrícolas ha reafirmado los vínculos entre los mercados de productos agrícolas y los de productos energéticos. Los biocombustibles líquidos podrían tener repercusiones considerables para los mercados agrícolas, pero representan, y es probable que así siga siendo, una proporción relativamente pequeña del mercado energético en su conjunto (Sexton *op. cit.*).

De acuerdo con datos de la Agencia Internacional de Energía (AIE) citado por FAO (2008) la demanda mundial total de energía primaria asciende a unos 11,400 millones de toneladas equivalentes de petróleo (emtp) por año; la biomasa, incluidos los productos agrícolas y forestales y los desechos y residuos orgánicos, da cuenta del 10% de ese total. Los combustibles fósiles son de lejos la fuente más importante de energía primaria en el mundo, de cuyo total el petróleo, el carbón vegetal y el gas proporcionan más del 80%.

Las fuentes de energía renovable, entre las que ocupa un lugar preponderante la biomasa, representan el 13% aproximadamente del suministro total de energía primaria. Las fuentes de energía primaria difieren notablemente de una región a otra. En algunos países en desarrollo, la biomasa proporciona hasta un 90% del consumo total de energía. Los biocombustibles sólidos como la leña, el carbón vegetal y el estiércol ocupan con mucho el mayor segmento del sector de la bioenergía y representan no menos del 99% de todos los biocombustibles. Durante milenios, los seres humanos han dependido del uso de la biomasa para calentarse y cocinar, y los países en desarrollo de África y Asia continúan

dependiendo en gran medida de esos usos tradicionales de la biomasa. Los biocombustibles líquidos desempeñan un papel mucho más limitado en el suministro mundial de energía y representan solo el 1.9% de la bioenergía total. Su importancia radica principalmente en el sector del transporte, en el que aún así en 2005 suministraron solo el 0.9% del consumo total de combustible para el transporte, un 0.4% más que en 1990 (AIE *op. cit.*).

En años recientes, sin embargo, los biocombustibles líquidos han conocido un rápido aumento tanto en lo que respecta a su volumen como a la parte que les corresponde en la demanda mundial de energía para el transporte. Se prevé que continúe este crecimiento, en la que se muestran las tendencias históricas, así como las proyecciones para 2015 y 2030, según se informa en la publicación *World Energy Outlook 2007* por la AIE (2007). No obstante, la contribución de los biocombustibles líquidos a la energía para el transporte y, más aún, al uso mundial de la energía, seguirá siendo limitada. La demanda mundial de energía primaria está y seguirá estando abrumadoramente dominada por los combustibles fósiles, de cuyo total el carbón vegetal, el petróleo y el gas representan el 81%. Se pronostica que en 2030 esta proporción será del 82% y que el carbón vegetal verá aumentar la parte que le corresponde a expensas del petróleo. La biomasa y los productos residuales satisfacen actualmente el 10% de la demanda mundial de energía, proporción que, según los pronósticos, deberá disminuir ligeramente al 9% para 2030. Para ese mismo año se proyecta que a los biocombustibles líquidos corresponda la

aún modesta proporción del 3% al 3.5% del consumo mundial de energía para el transporte.

6.1 El auge de la Agricultura Mexicana

Aboites (1989) indica que las reformas llevadas a cabo por el Estado a finales de los años treinta y sus consecuencias sociales y económicas entre las que destaca el reparto de 18 millones de hectáreas a los campesinos con resultado inmediato de un notable efecto pacificador, crearon las condiciones para que el agro desempeñara un nuevo papel en el proceso de acumulación en México.

Para García (1993) ésta nueva actitud política y económica del Estado, en relación al papel de los sectores no capitalistas en el desarrollo del capitalismo, constituye el contenido de la reforma estructural que Aboites denomina: articulación de la economía campesina con la agricultura capitalista. Dicho autor plantea que, a través de esta forma estructural, el agro asume una nueva función en relación al régimen de acumulación de capital, que se constituye en esos años bajo la égida de la internacionalización del capital productivo.

Aboites *op. cit.* sostiene que el sector agrícola cumplió en el período 1940-1970, cuatro funciones principales:

1. Con datos de la CEPAL (1982), entre los años 1940-1965 se dio un lapso con el mayor dinamismo del sector agrícola, ya que el PIB registró una tasa anual de crecimiento superior al 4.5% .Expansión muy por encima de la tasa de crecimiento de la población (3%). En consecuencia, a lo largo de estos años, el agro fue capaz de abastecer la totalidad de la

demanda interna. Las importaciones de productos agropecuarios nunca pasaron más allá del 2% de la oferta total.

2. Los alimentos e insumos industriales dirigidos al sector urbano mostraron, no sólo estabilidad en los precios, sino que, en la mitad del periodo considerado (1950-1963), los precios del agro decrecieron en relación a los precios de los productos industriales. Además, la relación precios ciudad-campo, que había crecido un 33% en la primera década del período estudiado (1940), se redujo en los años siguientes. La reducción de precios relativos de los productos del campo (alimentos en una proporción considerable), tuvo un impacto sumamente importante sobre el consumo de productos industriales en el medio urbano. En efecto, al mantenerse estables o a la baja los precios relativos de los alimentos consumidos en el sector urbano, el consumo industrial se incrementó considerablemente.
3. Otro aporte importante fue la migración que se generó del campo hacia los centros urbanos en las siguientes décadas. Esta transferencia de trabajadores del campo a la ciudad y las elevadas tasas de crecimiento natural de la población (3% anual, por la reducción de la mortalidad infantil y el elevado índice de natalidad) se convirtieron en los factores determinantes del trastocamiento de la estructura de la población en México: entre 1940 y 1970, la población total se incrementó, en términos absolutos, alrededor del 150%. En 1940, había cuatro habitantes en el medio rural, por uno en el sector urbano. Para 1970, esta relación era uno a uno. Dentro de esta tendencia, la población económicamente

activa tuvo modificaciones importantes: el censo de población en 1940 registraba dos habitantes en edad de trabajar en el sector rural, por uno en el sector urbano. Según datos de NAFINSA (1981), en 1970 esta relación prácticamente se había invertido: dos habitantes del sector urbano, por 1.2 del sector rural.

4. En relación con el exterior, el agro jugó un papel fundamental, principalmente como fuente de acumulación para el sector industrial y, por tanto, del régimen de acumulación. Las exportaciones agrícolas fueron el componente más significativo para financiar la importación de los medios de producción industriales. La generación de divisas, como contrapartida de las finanzas del agro, se incrementó por encima del crecimiento del PIB agrícola. Aquéllas crecieron 8.9% anual (1950-1960) hasta llegar a representar más de la mitad de las exportaciones en el período.

Sin embargo, a partir de la segunda mitad de los años sesenta el agro empezó a dar muestras de agotamiento. El conjunto de mecanismos que habían operado a lo largo de 25 años, comenzó a perder dinamismo. El PIB agrícola redujo su crecimiento y los excedentes agrícolas exportables se redujeron drásticamente. El deterioro del papel del agro, que implicó una erosión en la vinculación agricultura-industria, se convirtió en el principio del endeudamiento externo, que hizo explosión en los años setenta. La crisis del agro fue una de las causas esenciales en el inicio de la crisis del régimen de acumulación de la posguerra (García, 1993).

Para Rama, citado por García (1993) la transformación cualitativa del agro mexicano tiene su expresión más nítida en una mayor integración de la industria con la agricultura, íntimamente relacionada con la internacionalización de la agricultura nacional y su inserción en el sistema alimentario mundial, que se materializa en los procesos de modernización de la producción de alimentos y otros productos agrícolas, incluyendo las innovaciones tecnológicas agrícolas, mejoras organizativas y de gestión económica de las explotaciones rurales y los nuevos mecanismos de integración de las unidades agrícolas con la fase de comercialización y de procesamiento de materias primas agrícolas que empiezan a difundirse en el país desde inicio de los setenta.

Ruth Rama *op. cit.* indica como este proceso de modernización está dirigido por capitales nacionales y trasnacionales, cuyo éxito hubiera sido limitado sin el apoyo de la política de precios agrícolas, de trasferencias desde y hacia la agricultura y de abastecimiento de productos básicos del Estado. Sin embargo, pese a no ser la única protagonista, la inversión extranjera juega un papel primordial por el liderazgo ejercido sobre el resto de las empresas agroindustriales, sistemas de aprovisionamiento de materias primas y de distribución a los consumidores. Dicho proceso ha implicado una mayor inserción de la agricultura y, en general, del sistema alimentario de México con la economía internacional, por el aumento del comercio exterior agrícola, el establecimiento de numerosas filiales de empresas trasnacionales agroalimentarias y la homogenización internacional de los bienes salario

resultante del cambio en la dieta tradicional mexicana –al menos de la población urbana- a favor del modelo alimentario de los países centrales.

Por su parte, Barkin y Suárez, citados por García (1993) señalan cómo, si bien la “actualización” es impulsada por las empresas trasnacionales agroalimentarias, los cambios tecnológicos son adoptados como propios por parte de los empresarios agrícolas y por el Estado, quien los impulsa en calidad de proyecto nacional. Es evidente que en algunos sectores de la economía mexicana se da lugar a que un agente externo impulse el desarrollo de su actividad, la cual radica en establecer un avance técnico que abarca no sólo la tecnología de la producción, sino también las técnicas de gestión, administración y comercialización; a esto se le conoce como internacionalización.

Para García (1993) la internacionalización de algunos de los sistemas alimentarios del país, son un elemento decisivo, no sólo para explicar los procesos internos de acumulación y del progreso técnico, sino también para explicar la crisis agroalimentaria de México en los años setenta. En particular, el proceso de internacionalización ejerce directa o indirectamente, un efecto negativo sobre la balanza comercial agrícola del país, porque al desplazar la producción de granos básicos contribuye a incrementar las importaciones de éstos, junto con la de los insumos requeridos por las nuevas agroindustrias. Además, en algunos sistemas de exportación tradicionales, la superposición de una industria alimentaria moderna y dinámica con estructuras agropecuarias

atrasadas, crea un desequilibrio que se resuelve limitando los excedentes exportables.

Siguiendo con el mismo autor, la crisis agroalimentaria mexicana de los años setenta es de grandes dimensiones, pero no es generalizada. Junto al sector productor de granos básicos (arroz, frijol, trigo) que crece menos que la población, coexiste un sector minoritario con gran expansión en la producción de forrajes, nuevas oleaginosas (cártamo, soya), frutas, legumbres y producciones de animales. Un aspecto donde claramente puede afirmarse que el proceso de internacionalización contribuyó a la crisis es la pérdida de 1.4 millones de hectáreas por los cultivos básicos, a favor de la producción de sorgo, soya, cártamo, forrajes, frutas y legumbres en las zonas de temporal comercial o en ejidos con ciertas condiciones mínimas de acumulación de capital y apoyo técnico y crediticio del Estado.

Los productos antes mencionados son insumos de sistemas agroindustriales internacionalizados, donde se han modernizado todas las etapas de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumo. Portadoras de una nueva tecnología de producción y gestión, las empresas trasnacionales crearon estos sistemas, en los que actualmente también participan grandes firmas nacionales, e incluso, empresas públicas. La organización de este nuevo grupo de producciones entre las que incluimos sorgo, cártamo, soya, aves, huevo, frutas, legumbres y parte de la producción de cerdos y leche, se remota a fines de los años cincuenta o principios de los sesenta (García, 1993).

Cabe aclarar que los sectores agroindustriales internacionalizados en México, más que orientarse hacia el exterior se vuelcan hacia el mercado interno. Las exportaciones agrícolas no sólo pierden importancia tradicional como fuente de divisas, al ser reemplazadas principalmente en esa función por la industria de transformación y la industria extractiva, sino que además la superficie dedicada a cultivos de exportación se reduce (García, 1993).

Otro elemento importante de la agricultura mexicana que se ha internacionalizado, es el suministro de granos básicos, puesto que depende crecientemente del exterior para alimentar a la población nacional. Esto ha propiciado que el mercado mundial de granos sea un elemento de referencia contante para la instrumentación de la política agrícola del país, situación que era menos frecuente antes de mediados de los años setenta, llegándose al extremo, de que los precios de garantía de los productos agrícolas nacionales, dependen más del precio internacional, que de las condiciones internas de la oferta y la demanda (García, 1993).

Para De Janvry, citado por García (1993) los hábitos alimenticios también se internacionalizan: millones de mexicanos empiezan a consumir de acuerdo a patrones más “occidentales”, reemplazando la dieta tradicional. Esto es evidente en los sectores sociales de clase media y alta, cuya dieta resulta más variada y rica en productos de calidad que en el pasado; en menor medida, los sectores de bajos ingresos también tienden a sustituir el maíz y frijol de la dieta tradicional por pan blanco, pastas para sopas, arroz, etc., y a incorporar mayores cantidades de productos de origen animal, verduras, frutas, azúcar,

grasas, refrescos y alimentos procesados. Este es un proceso lento que, eventualmente, podría ser reversible dentro de la crisis actual. Sin embargo, se definirían dos grupos de alimentos: los nuevos bienes salario y los alimentos campesinos (maíz y frijol), sin que ello implique que se trate de dos compartimentos estancos.

También, como tendencia, hay un cambio respecto a quién abastece, que cuestiona la antigua función de la agricultura campesina dentro del modelo general de desarrollo. Lo nuevo es que los alimentos básicos para consumo interno son producidos en mayor proporción que antes por la agricultura de riego, la más comercial y moderna del país. Los nuevos bienes salarios como el trigo y el arroz provienen de la agricultura de riego en un 96 y 75%, respectivamente. Así mismo se produce en la agricultura de riego la cuarta parte del frijol y del maíz, es decir, los alimentos campesinos según CESP, citado por García (1993). Situación que plantea la interrogante respecto a cuál debe ser el papel de la agricultura campesina como proveedora de alimentos para esta agricultura internacionalizada. Se requiere inicialmente distinguir dos sectores:

- a) La agricultura campesina productora de maíz y frijol, y
- b) La agricultura campesina articulada con las agroindustrias.

Subjetivamente, los alimentos campesinos pierden prestigio social. Objetivamente, en relación a ellos el poder adquisitivo del salario crece menos que en relación a otros donde se dio un proceso de modernización. A largo

plazo, aunque en un proceso lento, la agricultura campesina productora de básicos parece perder su antigua función de proveedora de alimentos baratos para la fuerza de trabajo industrial. Esta función pasarán a desempeñarla, en forma creciente, los agricultores estadounidenses, la agricultura moderna nacional y las agroindustrias. Rama, citado por García (1993) considera que sin la opción política a favor de la economía campesina productora de básicos, ésta tenderá a convertirse en una agricultura de indigentes para indigentes, encerrada en un circuito cerrado y relativamente menos articulado económicamente que antes del modelo de desarrollo global cuyo motor es la industria. Esto no significa, ni mucho menos, que la agricultura campesina tienda a desaparecer pues seguirá cumpliendo su función social y política, aunque perdiéndola gradualmente, de alimentar a bajo costo a la fuerza de trabajo industrial.

En resumen, aunque el proceso de internacionalización de la agricultura mexicana no se generaliza a todas las cadenas alimentarias del país, contribuye en forma significativa a la crisis agroalimentaria de los años setenta por diferentes mecanismos: desplazamiento de cultivos básicos, implantación de nuevas políticas agrícolas comerciales, establecimiento de nuevos hábitos de consumo, etc.

6.2 Las exportaciones

Las exportaciones agrícolas, en la década de los setenta, se caracterizaron por la desaparición de los granos básicos como parte significativa de las mismas. Por el contrario, debido frecuentemente a precios favorables en el mercado

internacional, muestran una tendencia ascendente los siguientes productos: algodón, azúcar, tomate, café, frutas frescas y congeladas, cacao y garbanzo. De éstos, los tres primeros aportaron 65.3% del total de las exportaciones en 1970; desglosándose de la siguiente manera: 25% para el algodón, 22.4% para el tomate y 17.9% para el azúcar (García, 1993).

Según datos de INEGI 2010, del total de las exportaciones agropecuarias del 2008 (7,894.6 millones de dólares), los principales productos que se exportaron en orden descendente son los siguientes: jitomate con el 15%, pimienta el 7.9%, trigo el 7.4%, aguacate el 7.3% y pepino el 5.3%. Lo anterior refleja que esos bienes son los que presentan mejores precios en el mercado internacional, además de ser los más demandados según los hábitos alimenticios de la actualidad.

6.3 Las importaciones

Las características más relevantes de las importaciones agrícolas mexicanas, en la década de los setenta, son: la creciente importancia que adquieren los granos básicos, como consecuencia de lo limitado de su producción interna y el crecimiento sostenido de las oleaginosas y el sorgo para satisfacer los requerimientos de la industria de alimentos balanceados (García, 1993).

En 1970, los principales productos de importación son: las oleaginosas, los granos básicos y las frutas secas; representando los dos primeros 72.1% del valor total de las compras en el exterior: 58.6% y 13.5%, respectivamente.

En 1975, año crítico de la década en cuanto a la importación de granos se refiere, éstos representaron 77.1% del valor total de las importaciones,

correspondiendo al maíz el 64% de las mismas. Otro hecho a resaltar en este mismo año es la importancia del sorgo, que participa con el 13.7% del valor total de las importaciones (García, 1993).

Las cuantiosas importaciones de productos agrícolas acentúan la dependencia del exterior según información de SEPAFIN, citado por García (1993). Esta dependencia, respecto al producto agrícola, se agudiza si consideramos que el coeficiente de importaciones del sector agropecuario fue de 26.5% y 27.3%, en 1980 y 1981, respectivamente, que significa más del doble del que se observa en 1978 y más de cuatro veces el de 1976.

La dependencia externa también se manifiesta en el hecho de que es precisamente en los años 1980 y 1981 cuando la balanza comercial agropecuaria presenta saldos negativos: 447 y 826 millones de dólares, respectivamente de acuerdo con datos del Banco de México, citado por García (1993). En 1980, para importar entre 10 y 12 millones de productos agrícolas, México gastó 16.6% de sus ingresos por la venta de petróleo en el exterior.

Así, la agricultura que tradicionalmente había generado divisas para apoyar el desarrollo industrial del país, se convierte en demandante neta de las mismas para poder satisfacer el mercado interno y en un freno al desarrollo económico del país.

En la actualidad, según datos de INEGI 2010, del total de las importaciones agropecuarias del 2008 (11,837.50 millones de dólares), los principales productos que se importaron en orden descendente son los siguientes: maíz

con el 20%, semilla de soya el 15.2%, trigo el 10.5%, semilla de nabo o colza el 7.5% y leche con sus derivados con el 6.5%. Lo anterior refleja que el maíz sigue siendo el principal producto deficitario en México, pese a su gran importancia en la dieta mexicana.

6.4 Empleo

Bartra, citado por García (1993) comenta que la crisis social en el agro se manifiesta en: un crecimiento impetuoso de la desocupación a fines de los años setenta (4.5 millones de desocupados estructurales: 2.5 millones de campesinos sin tierras y 2 millones de minifundistas que requieren ingresos complementarios), en una caída acelerada de los ingresos de los trabajadores rurales y de su nivel de vida. Esta crisis social se traduce políticamente en la agudización de la lucha campesina por la tierra, el deterioro creciente de la capacidad de manipulación de las organizaciones campesinas oficiales, la acelerada pérdida de la legitimidad del Estado y en el desarrollo de organizaciones campesinas independientes, nacionales y regionales. Retos que tratan de resolver los gobiernos de los años setenta de diferentes manera, condicionados en gran medida por la cambiante situación del conjunto de la economía del país en cada momento.

CAPITULO 7. ESTRUCTURA Y COMPORTAMIENTO DE LA INDUSTRIA AZUCARERA

7.1 Situación internacional de la caña de azúcar y azúcar

7.1.1 Producción mundial de caña de azúcar

Según la base de datos de la FAOSTAT en el año 2007, el principal productor de caña de azúcar en el mundo fue Brasil, participando con el 34.5%, le siguen en orden de importancia: la India con 22.3%, China con 6.7%, Tailandia con 4% y México con 3.3%, en conjunto estos cinco países concentran un poco más del 70%; quedando Estados Unidos en el noveno lugar con una participación del 1.7% (ver cuadro 3).

Cuadro 3. Principales países productores de caña de azúcar en el 2007.

País	Área cosechada (miles de Has.)	Rendimiento (ton/Ha)	Producción (millones de toneladas)
Brasil	7,080	77.63	549,707
India	5,150	69.03	355,520
China	1,596	71.23	106,431
Tailandia	1,010	63.71	64,365
México	690	75.44	52,089
Pakistán	1,029	53.19	54,741
Australia	420	86.65	36,397
Colombia	410	93.85	32,000
Estados Unidos	357	77.61	27,750
Guatemala	287	88.62	25,436
Producción Mundial	23,020	70.69	1,627,450.79

Fuente: Elaboración propia con datos de Faostat.

En cuanto a la producción de caña de azúcar se refiere, se puede decir que Brasil es el país líder en esta actividad por varias razones, entre las que destacan las siguientes: en primer lugar dedica una gran superficie a éste

cultivo, la cual ha incrementado con el paso del tiempo; en segundo las condiciones climáticas que favorecen su crecimiento; en tercero la experiencia de sus productores en la producción y manejo de la caña ya que tienen varios años trabajando con éste cultivo; y en cuarto lugar el rendimiento (ver cuadro 6), el cual ha ido aumentando en 27% de 1980 al 2005 lo cual refleja que éste país invierte en investigaciones que logren desarrollar nuevas y mejores técnicas que impacten de manera positiva en la producción de este cultivo y también en infraestructura.

Así mismo, Tailandia y China han aumentado su producción (Cuadro 4) en 286% y 173% respectivamente durante el período de análisis, y su superficie cosechada en más del 100% (Cuadro 5) lo cual refleja su interés en éste cultivo.

Cuadro 4. Comportamiento de la producción de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (millones de tons.).

País/Año	1980	1985	1990	1995	2000	2005	Tasa de crecimiento (%)
Brasil	148,650	247,199	262,674	303,699	327,704	422,956	184.53
India	128,833	170,319	225,569	275,540	299,323	237,088	84.03
China	31,977	58,711	63,451	70,278	69,298	87,578	173.88
Tailandia	12,826	25,055	33,561	50,597	54,052	49,586	286.61
Pakistán	27,497	32,139	35,493	47,168	46,332	47,244	71.82
México	35,278	34,430	39,919	44,452	44,100	51,645	46.39
Colombia	26,100	25,364	27,790	32,000	35,000	39,849	52.68
Mundial	734,489	933,213	1,052,997	1,172,261	1,254,146	1,319,136	79.60

Fuente: Elaboración propia con datos de Faostat.

Otros países en los que también se ha visto mejoría en cuanto a superficie cosechada, rendimiento y producción son Pakistán Colombia y México.

Cuadro 5. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (miles de Has.).

País/Año	1980	1985	1990	1995	2000	2005	Tasa de crecimiento (%)
Brasil	2,607	3,912	4,272	4,559	4,845	5,805	122.67
India	2,610	2,953	3,439	3,870	4,219	3,661	40.27
China	591	1,052	1,077	1,185	1,188	1,365	130.96
Tailandia	425,600	531,048	686,400	922,705	913,639	1,067,244	150.76
Pakistán	718,500	903,600	854,300	1,009,000	1,009,800	966,400	34.50
México	539,882	488,723	571,340	573,049	618,282	669,781	24.06
Colombia	292,200	345,950	318,334	377,860	406,012	406,060	38.97
Mundial	13,284	15,947	17,079	18,577	19,514	19,997	50.53

Fuente: Elaboración propia con datos de Faostat.

Cuadro 6. Comportamiento del rendimiento de caña de azúcar por país y mundial de 1980-2005 (ton/Has.).

País/Año	1980	1985	1990	1995	2000	2005	Tasa de crecimiento (%)
Brasil	57.00	63.18	61.47	66.61	67.62	72.85	27.81
India	49.35	57.67	65.59	71.19	70.93	64.75	31.21
China	54.07	55.78	58.88	59.27	58.30	64.12	18.59
Tailandia	30.13	47.18	48.89	54.83	59.16	46.46	54.20
Pakistán	38.27	35.56	41.54	46.74	45.88	48.88	27.72
México	65.34	70.45	69.86	77.57	71.32	77.10	18.00
Colombia	89.32	73.31	87.30	84.68	86.20	98.13	9.86
Mundial	55	58	61	63	64	65	18.18

Fuente: Elaboración propia con datos de Faostat.

7.1.2 Consumo mundial de azúcar

Por su parte, el comportamiento de la demanda mundial es muy similar al de la producción, debido principalmente al tamaño de las principales economías productoras, sin embargo destacan países deficitarios como Estados Unidos y la Unión Europea que a pesar de ser grandes productores de este bien, también realizan importaciones de otros países (cuadro 7).

Cuadro 7. Consumo aparente de azúcar por país, para la zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).

País	Producción	Importaciones	Exportaciones	Consumo aparente
India	28,630	0	5,830	22,800
EU-27	17,740	3,650	1,386	20,004
China	15,898	972	56	16,814
Brasil	32,100	0	19,750	12,350
Estados Unidos	7,396	2,377	184	9,589
Federación Rusa	3,200	3,100	200	6,100
México	5,852	226	677	5,401
Indonesia	2,300	2,000	0	4,300
Pakistán	4,163	110	70	4,203
Egipto	1,511	1,390	50	2,851
Total Mundial	166,480	44,966	52,116	159,330

Fuente: Elaboración propia con base en datos USDA 2007/2008.

7.1.3 Principales países exportadores de azúcar en el mundo

Los principales exportadores del mundo son Brasil, que aporta el 37.90% de las exportaciones mundiales de azúcar, India con el 11.20%, Tailandia con el 9.42% y Australia con el 7.10%, en conjunto estos países aportan el 65.62% de las ventas. Destaca que estos países son importantes productores de azúcar y su producción es superior al consumo, a excepción de los Estados Unidos cuya producción en la zafra 2007/2008 es inferior en 2 millones 141 mil toneladas métricas que su consumo. El país que no hizo alguna exportación de azúcar en esta zafra fue Indonesia.

Cuadro 8. Principales países exportadores de azúcar zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).

País	Exportaciones
Brasil	19,750
India	5,830
Tailandia	4,914
Australia	3,700
Colombia	1,615
EU-27	1,386
Guatemala	1,333
Sudáfrica	1,154
Cuba	950
México	677
Total Mundial	52,116

Fuente: Elaboración propia con base en datos USDA 2007/2008.

En la zafra 2007/2008 México ocupó el décimo entre los países exportadores, la diferencia entre su producción y el consumo es de 348 mil toneladas y sus exportaciones ascienden a 677 mil toneladas; comparada con la zafra anterior se puede decir que cayó tres lugares.

Como se puede observar en el siguiente cuadro, las exportaciones de Brasil han aumentado cerca de nueve veces durante el periodo analizado, de 1980 al 2005, lo cual refleja su autonomía como país productor de caña de azúcar y por ende de azúcar; seguido de México, el cual también ha incrementado sus exportaciones en siete veces y por Tailandia en casi seis.

Cuadro 9. Cuadro del comportamiento de las exportaciones de azúcar de los principales países de 1980-2005.

País/Año	Brasil	Colombia	Tailandia	Guatemala	Unión Europea	México
1980	1,829,228	277,544	451,668	219,573	4,754,549	101,151 ^A
1985	2,807,267	292,100	1,856,436	243,331	5,103,169	127,726
1990	1,598,612	419,498	2,370,410	404,471	6,945,180	0
1995	6,239,171	509,459	3,759,230	866,937	7,288,703	474,863
2000	6,504,424	1,035,254	4,087,433	1,260,197	8,601,832	197,840
2005	18,147,064	1,141,472	3,041,396	1,287,317	9,622,845	833,768 ^P
Tasa de crec. (%)	892.06	311.28	573.37	486.28	102.39	724.28

A: quiere decir que se tomo el dato del año anterior, 1979.

P: quiere decir que se tomo el dato del año posterior, 2006.

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de FAOSTAT.

7.1.4 Principales países importadores de azúcar en el mundo

Conforme a las cifras del USDA para el año comercial 2007/2008 los principales países importadores de azúcar en el mundo son la Unión Europea que participa con el 8.12%, la Federación Rusa con 6.90%, Colombia con 5.43%, Estados Unidos con 5.28%, Indonesia con 4.44%, entre otros; juntos estos países aportan el 30.17% de las compras. Es importante recalcar que los países que

no importaron alguna cantidad de azúcar durante esta zafra fueron los siguientes: Guatemala, Brasil, India, Tailandia y Filipinas.

Cuadro 10. Principales países importadores de azúcar zafra 2007/2008 (miles de toneladas métricas).

País	Importaciones
EU-27	3,650
Federación Rusa	3,100
Colombia	2,446
Estados Unidos	2,377
Indonesia	2,000
Egipto	1,390
Canadá	1,386
Japón	1,337
China	972
Cuba	255
México	226
Total Mundial	44,966

Fuente: Elaboración propia con base en datos USDA 2007/2008.

Según la información del siguiente cuadro, se puede observar claramente que países como Estados Unidos y la Federación Rusa han disminuido sus importaciones de azúcar en el período analizado; caso contrario a Indonesia, quien las aumentó en 402% y China en más del 100%.

Cuadro 11. Cuadro del comportamiento de las importaciones de azúcar por país de 1980-2005.

País/Año	Unión Europea	China	USA	Indonesia	Egipto	Canadá
1980	2,686,087	911,800	3,713,621	397,617	459,760	858,064
1985	2,881,525	1,868,729	2,525,839	0	644,900	1,081,946
1990	2,847,504	1,132,229	1,785,250	280,977	765,884	911,071
1995	0	3,047,304	1,602,478	554,454	562,545	919,908
2000	0	886,813	1,336,187	1,556,688	400,000	1,115,549
2005	4,418,046	2,000,529	1,770,416	1,996,368	577,994	1,247,877
Tasa de crec. (%)	64.48	119.40	-52.33	402.08	25.72	45.43

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de FAOSTAT.

7.2 Situación nacional

7.2.1 Evolución de la producción y del consumo nacional

Dadas las características del cultivo de la caña de azúcar y que en muchos casos los productores abastecen a un solo ingenio, la venta de la materia prima es de carácter monopólico, es decir, que los productores ya tienen a quien será el comprador de su producto y sólo a ese le venderán y también en muchas ocasiones el precio ya ha sido negociado.

Aunque existe maquinaria para realizar la faena de la zafra, en la mayor parte del país aún se corta con machete. Un solo trabajador puede desmontar hasta 8 o 9 toneladas de caña al día. Con el fin de facilitar su trabajo, los jornaleros queman los cañaverales para despojar a la caña de sus hojas y destruir la hierba silvestre. Aunque esta práctica puede resultar extraña, los cañeros afirman que tal método agiliza el corte, no daña los cultivos, y se logra una

consistencia “menos correosa”. A partir de la cepa, la caña después de cortada vuelve a crecer de una temporada a otra.

Según información encontrada en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) con información del 2008, la siembra de la caña de azúcar se realizó en 15 estados de la República Mexicana. Es relevante mencionar que se sembraron 738,403.35 hectáreas y se cosecharon 691,441.13 perdiendo sólo el 7%; se obtuvo una producción de 51,090,720.79 toneladas de este cultivo con un rendimiento promedio nacional del 73.89 toneladas por hectárea; destacan el rendimiento de Puebla y Morelos con 120 y 115 ton/Ha respectivamente.

Según la misma fuente, en el 2009 la industria azucarera nacional estaba conformada por 57 ingenios, localizados en su mayoría en Veracruz con 22, Jalisco con 6, San Luis Potosí con 4, Michoacán, Oaxaca, Sinaloa y Tabasco con 3, Chiapas, Morelos, Nayarit, Puebla y Tamaulipas con 2, Campeche, Colima y Quintana Roo con 1.

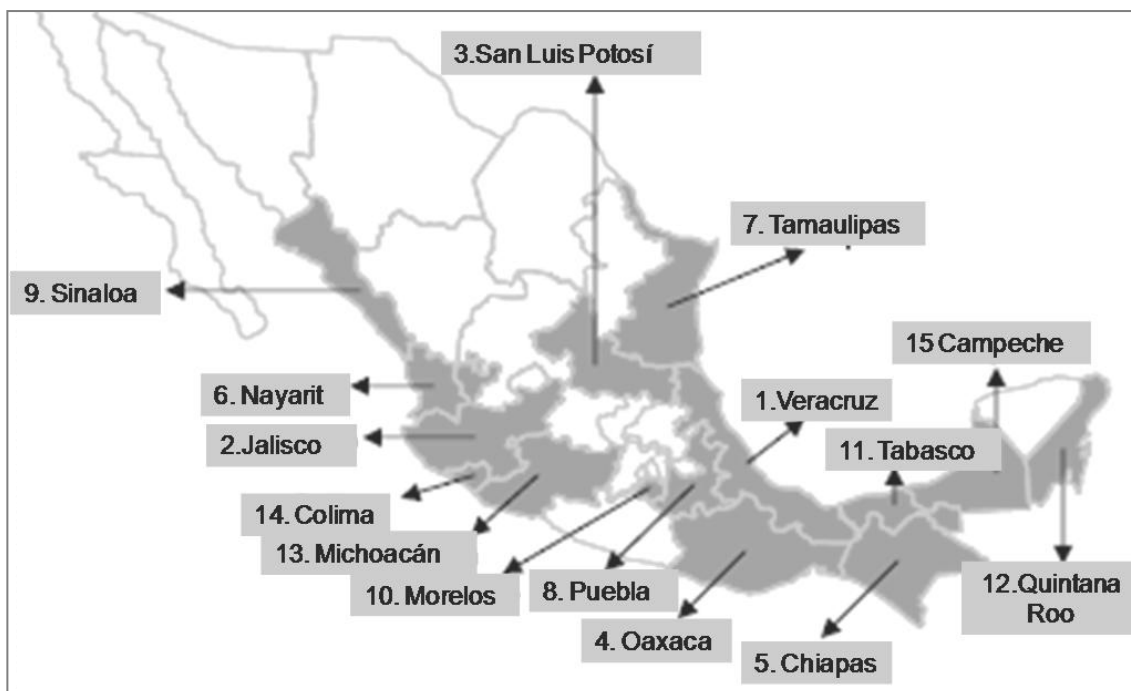


Figura 2. Mapa de los estados productores de caña de azúcar en México.
Fuente: Unión Nacional de Productores de Caña de Azúcar. UNPC-CNPR. 2007.

Según datos de la Unión Nacional de Cañeros (2009), durante la zafra 2008/2009 el total de caña de azúcar molida fue de 42.5 millones de toneladas, con un rendimiento en campo de 64.12 toneladas por hectárea; y se produjo cerca de 5 millones de toneladas de azúcar (cuadro 12).

Cuadro 12. Producción de azúcar por entidad federativa en la zafra 2008/2009 (Toneladas).

Estado	Sup. Cosechada (Ha)	Rendimiento (Ton/Ha)	Producción (Tons.)
Veracruz	267,606	59.94	1,857,269
Jalisco	64,314	85.09	655,252
San Luis Potosí	68,669	51.02	427,090
Chiapas	28,534	83.32	279,371
Oaxaca	40,818	51.24	251,929
Tamaulipas	31,045	66.86	227,603
Puebla	15,451	104.37	201,574
Nayarit	26,839	61.45	200,925
Morelos	13,496	103.65	178,181
Sinaloa	21,527	82.42	164,786
Tabasco	28,768	48.32	157,145
Michoacán	12,331	76.61	111,162
Quintana Roo	22,226	44.63	110,535
Colima	12,233	67.10	97,052
Campeche	9,200	40.35	42,601
Total Nacional	663,057	64.12	4,962,495

Fuente: Elaboración propia con información de la Unión Nacional de Cañeros, A.C.-CNPR.

En el ciclo 2008/2009 la participación de la industria azucarera y alcoholera en el PIB agropecuario fue de 8.06%, en el PIB de la industria manufacturera de 2.1% y en el PIB nacional de 0.35% (Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcoholera, 2010).

La producción de caña de azúcar ha aumentado de manera significativa en el estado de Chiapas como se puede observar en el siguiente cuadro, lo cual refleja el interés de los productores por producir este cultivo en los últimos años; así mismo ha sucedido en estados como Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí y

Oaxaca, quienes han aumentado su producción a lo largo del período 1980-2005.

Cuadro 13. Comportamiento de la producción de caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Toneladas).

Estado/Año	Nacional	Veracruz	Jalisco	S.L.Potosí	Chiapas	Oaxaca
1980	35,081,008	11,914,515	4,012,667	2,144,031	532,135	2,943,066
1985	34,399,870	13,860,026	3,998,179	0	1,315,155	2,829,224
1990	39,907,868	14,143,330	4,174,163	1,964,068	1,540,940	4,331,150
1995	44,323,958	15,582,768	4,803,431	4,303,405	1,397,255	3,393,698
2000	42,373,391	17,090,124	5,025,039	3,138,395	2,041,984	2,358,050
2005	51,645,543	19,852,453	6,013,712	3,381,793	2,634,364	3,830,625
Tasa de crecim. (%)	47.22	66.62	49.87	57.73	395.06	30.16

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)(Series históricas).

En cuanto a la superficie cosechada, destacan estados como Tamaulipas (37%), Jalisco (35%), San Luis Potosí (34%), Veracruz (26%) y Oaxaca (14%) (ver cuadro 14) quienes han aumentado el área que dedican a este cultivo.

Cuadro 14. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Hectáreas).

Estado/Año	Veracruz	Jalisco	S.L.Potosí	Oaxaca	Tamaulipas
1980	206,731	47,406	39,188	49,360	33,577
1985	212,423	53,925	0	45,760	0
1990	201,133	51,735	42,538	72,500	26,639
1995	189,688	52,167	56,129	48,573	53,768
2000	250,830	63,537	68,773	36,114	24,808
2005	262,395	64,205	52,755	56,365	46,229
Tasa de crecimiento (%)	26.93	35.44	34.62	14.19	37.68

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)(Series históricas).

Nuestro país ha mostrado un aumento en el rendimiento de la caña de azúcar en los últimos años, lo cual puede ser el reflejo de dos aspectos importantes: el primero es el interés por parte de sus productores por encontrar mejores técnicas de producción y cosecha, incluyendo el mejoramiento de la semilla para obtener variedades más productivas; y en segundo lugar es la ventaja comparativa que México posee de tener tierras aptas para la producción de éste cultivo, lo cual debería ser explotado de manera sustentable. Finalmente, es menester reconocer el rendimiento de estados como Morelos y Puebla quienes han alcanzado cifras superiores a las 100 toneladas por hectárea.

Cuadro 15. Comportamiento del rendimiento de la caña de azúcar por entidad federativa de 1980-2005 (Toneladas/Ha).

Estado/Año	Puebla	Morelos	Jalisco	Chiapas	Sinaloa
1980	112.44	117.17	84.64	66.76	83.39
1985	111.75	114.23	74.14	77.72	75.41
1990	119.26	117.29	80.68	88.10	72.61
1995	116.04	110.75	92.08	81.26	86.90
2000	116.84	96.79	79.09	87.99	73.83
2005	123.25	123.74	93.66	87.93	96.91
Tasa de crecimiento (%)	9.61	5.61	10.66	31.71	16.21

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera)(Series históricas).

7.2.2 Comercio Exterior

a) Dinámica de las importaciones

Las importaciones de azúcar que México realiza pueden dividirse en dos grupos, las definitivas que incluyen aquellas importadas con cupo o pagando aranceles ya sea preferenciales o con amparo. El incremento de este tipo de importaciones obedece en buena medida a los cupos de importación que México ha establecido en periodos donde los precios nacionales son elevados. En el año comercial 2007/2008, las importaciones ascendieron a 226 mil toneladas y se estima que para la zafra de 2009/2010 aumentarán a 535 mil toneladas.

Las importaciones temporales, se dividen en dos grupos, por un lado, aquellas importaciones directas realizadas por empresas vinculadas a la Industria Manufacturera Maquiladora y de Servicios de Exportación “IMMEX” (antes Pitex y Maquila) con los beneficios arancelarios derivados de dichos esquemas; y por otro, las importaciones virtuales, que son ventas físicas de azúcar de un ingenio a una empresa a un precio menor que el vigente en el mercado nacional, pero con documentación virtual en la aduana. El comportamiento de este grupo de importaciones es más homogéneo pues deriva de la demanda de empresas que utilizan azúcar como uno de sus insumos principales y que gran parte de su producción se destina al mercado de EE.UU.

Las principales empresas importadoras en México se enlistan en el siguiente cuadro y están registradas en el Sistema de Información Empresarial de México (SIEM), sin duda dan muestra del interés empresarial por adquirir el endulzante importado.

Cuadro 16. Empresas importadoras de azúcar en México en 2007.

Empresas importadoras de azúcar	
Abarrotera Mundial S. de R.L. de C.V.	Distribuidora Balam SA de CV
Abastecedora Cancún SA de CV	Distribuidora de Insumos Industriales SA de CV
Aria Special Ties SA de CV	Distribuidora Industrial Fronteriza SA de CV
Blanca Luna Hernández	Euro Cheese Co. SA de CV
Bodegas Herlomex SA de CV	Fersinsa GB SA de CV
Boehringer Ingelheim Promeco SA de CV	Franquicias de Occidente SA de CV
Centro Comercial Californiano SA de CV	Grupo Proalimex SA de CV
Comercializadora Choi's SA de CV	Guillesa Internacional SA de CV
Comercializadora de Alimentos Importados SA de CV	Hotel Depot, SA de CV
Confecciones de Juárez SA de CV	ICR SA de CV
Cooperativa Tequilera La Magdalena SC de RL	Ichman SA de CV
Cortes y Bufetes de México SA de CV	Importaciones del Cabo SA de CV
Cosbel SA de CV	Jeannet Marie Juricic
Chocolatera de Jalisco SA de CV	Junior Foods SA de CV
Distribuciones Santa Cruz SA de CV	North American Marketing de México S de RL de CV

Fuente: Elaboración propia con base en información del SIAVI (Sistema de Información Arancelaria Vía Internet), de la Secretaría de Economía.

b) Dinámica de las exportaciones

Tradicionalmente, México ha sido un exportador neto de azúcar y la balanza comercial de este producto registra saldo superavitario, 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 aquel país.

No obstante, el principal mercado para las exportaciones mexicanas de azúcar continúa siendo los Estados Unidos y las principales empresas exportadoras coinciden con algunos ingenios productores nacionales del endulzante.

Cuadro 17. Empresas exportadoras de azúcar en México en 2007.

Empresas exportadoras de azúcar
Central Motzorongo S.A. de C.V.
Central Progreso S.A. de C.V.
Fomento Azucarero del Golfo S.A. de C.V.
Gerardo Santos Alvarado
Impulsora Agroindustrial Cuatutolapan S. de S.S.
Ingenio De Huixtla S.A. de C.V.
Ingenio El Modelo S.A.
Ingenio El Refugio S.A. de C.V.
Ingenio Presidente Benito Juárez S.A. de C.V.
Ingenio San Francisco Ameca S. A. de C.V.
Ingenio San Miguel Del Naranjo S.A. de C.V.
Ingenio San Rafael De Pucte S.A. de C.V.
Ingenio Santa Clara S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia con base en información del SIAVI, de la Secretaría de Economía.

En el año comercial 2007/2008, las exportaciones de azúcar ascendieron a 677 mil toneladas métricas y las importaciones a 226 mil toneladas lo cual genera un superávit de 451 mil toneladas; donde el principal destino es a los Estados Unidos de América.

En cuanto a la balanza comercial del azúcar, se puede decir que las importaciones de éste bien han disminuido en el periodo 1980-2005 y el saldo de la balanza ha disminuido a razón del 95.40%.

Cuadro 18. Comportamiento de las Importaciones y Exportaciones de azúcar en México de 1980-2005.

Año	Producción (Ton)	Importaciones (Ton)	Exportaciones (Ton)	Saldo Balanza Com. (Ton)
1980	35,278	1,087,500	0	1,122,778
1985	34,430	0	127,726	-93,296
1990	39,919	1,825,037	0	1,864,956
1995	44,452	0	474,863	-430,411
2000	44,100	0	197,840	-153,740
2005	51,645	0	0	51,645
TC (%)	46.39	-100	SD	-95.40

SD: sin dato./ TC: tasa de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia con datos de FAOSTAT.

7.2.3 Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar y azúcar.

La tasa de crecimiento del precio real de la caña de azúcar es negativa, lo cual indica que éste precio ha disminuido; por el contrario, la tasa de crecimiento del precio real de la azúcar es positivo lo que muestra que en términos corrientes éste precio ha crecido a un ritmo similar que el índice de precios como se puede observar en el siguiente cuadro (para mayor información revisar el Anexo 1):

Cuadro 19. Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar y azúcar en México de 1980-2010.

Año	INPC acumulado	P. real caña	P. real azúcar
1980	1.000	0.37	8.06
1985	10.777	0.40	0.49
1990	156.181	0.39	0.14
1995	350.911	0.35	0.14
2000	849.116	0.30	5.20
2005	1079.949	0.34	5.98
2010	1347.728	0.19	8.20
TC (%)		-49.20	1.63

Fuente: Elaboración propia con datos de diversas fuentes.

7.2.4 Estructura de costos de la industria azucarera en México

La industria azucarera presenta una estructura de costos en la cual, el consumo de materias primas y auxiliares representa en promedio 62.3% de los costos totales, esto corresponde en su mayoría al costo de la caña de azúcar (principal insumo en la producción), el aspecto laboral está en segundo lugar de importancia con 16%, seguido por combustibles y lubricantes que participa con 4.5%.

Cuadro 20. Estructura de costos de la industria azucarera (en %).

Costos Totales	EAC
	100.00
Materias primas y auxiliares consumidas	62.26
Remuneraciones al personal ocupado	16.03
Combustibles y lubricantes	4.52
Envases y empaques	0.88
Energía eléctrica	0.42
Publicidad	0.00
Servicios de maquila	0.05
Otros Gastos ^{1/}	15.84

EAC: Elaboración de azúcar de caña.

Fuente: Elaboración propia con base en los resultados definitivos del Censo Económico 2004, INEGI.

En el comercio globalizado, los países con mayor tecnología tienen ventajas considerables porque pueden diversificar el uso y destino de sus materias primas o aún prescindir de ellas, ya que sus industrias son capaces de transformarlas en productos con mayor valor agregado. Por lo tanto, las posibles ventajas comparativas derivadas del clima, la mano de obra barata o la diversidad biológica se desvanecen frente al desarrollo de nuevas tecnologías.

7.2.5 Empleo

En el marco del primer Foro Internacional de Manejo Sustentable de Caña de Azúcar, el Ing. Blackaller citado por la Revista En Política Zona Centro (2010), comentó que la agroindustria de la caña de azúcar se desarrolla en 27 municipios de México y genera 459 mil empleos directos y 2.3 millones de empleos indirectos.

Y según la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA), reporta que en la zafra 2005-2006 los ingenios que más empleos generaron fueron los siguientes:

Cuadro 21. Principales ingenios generadores de empleos de la agroindustria azucarera, 2005-2006 (incluye trabajadores cañeros)

Ingenio	Número de empleos	
	Directos	Indirectos
San Cristóbal (Veracruz)	26,400	129,618
Atencingo (Puebla)	19,175	94,762
El Potrero (Veracruz)	17,908	88,493
Tala (Jalisco)	15,763	77,855
La Gloria (Veracruz)	13,685	68,170
Emiliano Zapata (Morelos)	13,663	66,698
Pujilic (Chiapas)	13,317	66,243

Fuente: Elaboración propia con información de la CNIAA.

De acuerdo con información del INEGI, durante el período de 1994-2007 el personal total ocupado para la elaboración de azúcar ha venido disminuyendo de forma paulatina a razón del 17.20%, ya que en 1994 el personal ocupado era de 34,920 y para el 2007 de manera preliminar se estimaron 28,911 personas.

El Gobierno Federal ha definido políticas públicas para avanzar en la modernización y competitividad de la agroindustria azucarera, en las que destacan, en el corto plazo, la creación de una cooperativa exportadora para

comercializar como única vía los excedentes de azúcar de cada zafra, el establecimiento de un sistema de información, la aplicación de un esquema de reportes y financiamiento de inventarios, el financiamiento a la producción primaria y la mecanización del campo cañero.

CAPITULO 8. SITUACIÓN LOCAL

A nivel local, en la zafra 2008-2009 el estado de Veracruz operó 19 unidades o ingenios de los 57 que existen en México, aportando el 37% de la producción total nacional de azúcar que asciende a 5 millones de toneladas. Para ejemplificar la importancia económica y social de la producción de caña de azúcar en Veracruz, basta decir que aproximadamente el 52% de la PEA está ocupada en actividades relacionadas con la producción de éste cultivo, incluyendo jornaleros agrícolas y trabajadores familiares no remunerados.

En general, la superficie cosechada de caña de azúcar en la mayoría de los distritos de Veracruz ha disminuido en los últimos años, sin embargo esta pérdida se compensa con los incrementos de distritos como el de Ciudad Alemán y Veracruz (ver cuadro 22).

Cuadro 22. Comportamiento de la superficie cosechada de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ha).

Distritos	2000	2005	2008	Tasa de crecimiento (%)
Ciudad Alemán	62,334	78,129	82,464	32.29
Coatepec	7,293	6,441	7,045	-3.40
Fortín	93,566	89,990	89,496	-4.35
Jaltipan	11,502	8,184	9,735	-15.36
La Antigua	23,615	24,591	23,381	-0.99
Mtnez. de la Torre	5,225	2,390	2,040	-60.96
Pánuco	24,946	27,674	24,722	-0.90
Sn. Andrés Tuxtla	19,954	18,970	16,492	-17.35
Veracruz	2,395	6,027	7,299	204.76
Total estatal	250,830	262,396	262,674	

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP.

La producción de caña de azúcar en Veracruz se ha incrementado durante el periodo 2000-2008 mostrando el gran interés por parte de los productores por éste cultivo (ver cuadro 23).

Cuadro 23. Comportamiento de la producción de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ton).

Distritos	2000	2005	2008	TC (%)
Ciudad Alemán	3,371,685	5,256,702	4,274,120	26.77
Coatepec	512,047	576,436	542,371	5.92
Fortín	6,289,476	6,516,511	6,709,829	6.68
Jaltipán	454,629	563,468	480,348	5.66
La Antigua	2,524,535	2,430,422	2,089,255	-17.24
Mtnez. de la Torre	340,969	120,103	86,703	-74.57
Pánuco	2,015,245	2,315,779	2,100,225	4.22
Sn. Andrés Tuxtla	1,316,964	1,510,740	1,272,360	-3.39
Veracruz	264,575	562,294	605,189	128.74
Total estatal	17,090,124	19,852,453	18,160,401	

TC: tasa de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP.

Como lo muestra el siguiente cuadro, el rendimiento en la producción de la caña de azúcar ha disminuido ligeramente, esto pudo ser causado por diversos factores relacionados con el clima, las plagas y enfermedades, la calidad de la semilla, etc.

Cuadro 24. Comportamiento del rendimiento en la producción de caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (Ton/Ha).

Distritos	2000	2005	2008	TC (%)
Ciudad Alemán	54.09	67.28	51.83	-4.18
Coatepec	70.21	89.49	76.99	9.66
Fortín	67.22	72.41	74.97	11.53
Jaltipán	39.53	68.85	49.34	24.82
La Antigua	106.9	98.83	89.36	-16.41
Mtnez. de la Torre	65.26	50.26	42.5	-34.88
Pánuco	80.78	83.68	84.95	5.16
Sn. Andrés Tuxtla	66	79.64	77.15	16.89
Veracruz	110.47	93.3	82.91	-24.95
Promedio estatal	68.13	75.66	69.14	

TC: tasa de crecimiento./

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP.

Finalmente, el Precio Real de la caña de azúcar muestra una tasa de crecimiento positiva en la mayoría de los distritos -aunque no parecen ser sobresalientes- y una disminución en los distritos de Pánuco, San Andrés Tuxtla y Veracruz como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 25. Comportamiento del Precio Real de la caña de azúcar en los distritos de Veracruz de 2000-2008 (\$/Ton)(Año base 2000).

Distritos	2000	2005	2008	TC (%)
Ciudad Alemán	219.00	302.93	268.51	22.609
Coatepec	219.28	259.46	229.10	4.479
Fortín	219.00	255.93	270.55	23.541
Jaltipán	219.00	290.29	258.26	17.927
La Antigua	237.32	309.00	288.81	21.695
Mtnez. De la Torre	200.00	196.56	208.27	4.137
Pánuco	304.28	298.57	284.86	-6.381
Sn. Andrés Tuxtla	240.00	223.31	208.27	-13.219
Veracruz	300.00	307.33	269.86	-10.046

TC: tasa de crecimiento.

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP.

El Ingenio Central Motzorongo registra productividades muy altas como la de la zafra 2004/2005 la cual fue de 1,329,346 toneladas de caña molida bruta; en la zafra anterior 2008/2009 molió 905,951 toneladas de caña, con un rendimiento de fábrica del 12.11%. Así mismo, la producción de azúcar estándar ascendió a 73,514 toneladas y de azúcar mascabado 36,236 toneladas, que engloban un total de 109,751 toneladas, siendo con ello uno de los ingenios más competitivos a nivel nacional. Como ya se mencionó, éste ingenio sobresale en materia de productividad y también por encabezar la lista de los 13 ingenios exportadores.

Sin embargo, en la zafra 2009 el ingenio que más azúcar produjo fue el de San Cristóbal con un total de 208,572 toneladas superando por más de 100 mil toneladas a Central Motzorongo; le siguen en orden de importancia Tres Valles, El Potrero y La Gloria con 205,109, 170,055 y 170,016 respectivamente (ver cuadro 26).

El precio más alto pagado al productor por la tonelada de caña fue de \$414.70 y lo hizo el Ingenio El Potrero y el más bajo fue de \$317 por el Ingenio Nuevo San Francisco con una diferencia entre ambos de \$97.70.

Cuadro 26. Producción de azúcar por ingenio en el estado de Veracruz, zafra 2009.

Ingenio	Caña MB (Ton)	Superficie C.(Has)	Total AP (Ton)	PC (\$/Ton)
Central Motzorongo	905,951	16,760	109,751	397.20
Central Progreso	447,145	10,353	57,825	398.20
Constancia	589,490	11,039	71,040	393.10
Cuatotolapam	537,100	9,602	56,437	351.60
El Carmen	513,123	7,673	53,400	344.90
El Higo	1,152,560	15,090	136,418	375.40
El Modelo	879,673	10,640	102,626	380.70
El Potrero	1,291,349	21,545	170,055	414.70
La Gloria	1,408,919	17,214	170,016	392.80
La Providencia	757,331	12,939	89,108	397.90
Mahuixtan	355,695	5,041	41,628	370.30
Nvo. Sn. Fco.	373,226	6,431	34,631	317.00
San Cristóbal	2,013,307	39,410	208,572	345.20
San J. de Abajo	408,842	7,100	48,431	404.70
San Miguelito	448,295	6,306	51,215	363.80
San Nicolás	495,158	8,829	56,317	364.20
San Pedro	749,905	11,919	76,970	332.60
Tres Valles	1,737,991	35,522	205,109	370.50
Zapoapita-Pánuco	975,694	14,193	117,721	407.20
Total	15,134,803	267,606	1,857,270	374.84^P

Caña MB: caña molida bruta./ Superficie C: superficie cosechada./ Total AP: total de azúcar producida./ PC: precio de la caña; ^P significa que es un promedio del precio de la caña de todos los ingenios.

Fuente: Elaboración propia con información del Sistema INFOAzúcar-SIAP.

8.1 Análisis de las tendencias del mercado y del producto

Las tendencias del mercado apuntan a la producción bioenergéticos tales como el etanol y biodiesel. En el caso específico del Gobierno del Estado de Veracruz, existe dada la importancia del cultivo de la caña en su economía, interés para producir etanol, como sustituto de la gasolina para automóviles, actualmente académicos de la Universidad Veracruzana se han avocado a desarrollar diversas líneas de investigación con este propósito. En el mes de junio de 2006, investigadores y productores cañeros, reunidos en la USBI-Veracruz, dieron a conocer que la biomasa de la caña de azúcar representa una de las mejores alternativas para generar un energético no contaminante, renovable y con grandes posibilidades de producción en México y América Latina.

Los beneficios de la biomasa de la caña de azúcar, empleada como energético es que sus propiedades, como cualquier alcohol, se evaporan, y no generan contaminantes al medio, aparte de ser un recurso renovable: “es posible sustituir gradualmente la quema de combustibles de origen mineral, como el petróleo o el carbón, que no son renovables y sí altamente contaminantes”.

No sólo bioenergéticos como el etanol o biodiesel, pueden ser derivados de la biomasa de la caña de azúcar, sino también materias para uso agrícola, industrial, de la construcción y farmacéutico. De los derivados reconvertibles de la caña de azúcar se obtienen además de energéticos, productos como el Gilitol para la producción de dentríficos y gomas de mascar, el Fulfural para la elaboración de plásticos, y las linazas, bagazos derivados de la producción del

alcohol, usadas como fertilizantes o levaduras ricas en proteínas para la engorda de ganado y cerdos.

La agroindustria azucarera se prepara para avanzar en la utilización óptima de la capacidad instalada de los ingenios, así como en el desarrollo tecnológico para producir azúcar en distintas presentaciones.

Investigaciones realizadas demuestran la viabilidad técnica para la producción de azúcar líquida, aunque se debe buscar la viabilidad económica para este tipo de productos.

Por otro lado, el mercado de edulcorantes diferentes del azúcar se ha desarrollado rápidamente en los últimos años y ocupa en la actualidad un alto porcentaje del mercado total de edulcorantes en el mundo. Aunque el azúcar continúa siendo el edulcorante de mayor preferencia a nivel mundial, se apreció una tendencia hasta mediados de los años 90's de su sustitución por otros, ya sean calóricos o artificiales, a partir de políticas proteccionistas de países como Estados Unidos y Japón.

Otro factor que ha contribuido a la sustitución del azúcar es la mayor preocupación que han prestado algunos países como Japón y Corea a las cuestiones dietéticas y hábitos de alimentación por parte de los consumidores finales.

8.2 Modelos de programación lineal

Como ya se menciona en la metodología, para determinar el costo de oportunidad de la caña de azúcar se estima el precio dual o precio sombra derivado de un modelo de programación matemática del tipo de asignación de recursos, con el fin de conocer cuál es la mejor alternativa de producción para un Ingenio ubicado en Veracruz, que está en la disyuntiva de seguir produciendo azúcar o cambiar a producir etanol.

A continuación se presentan 3 modelos que se corrieron en la aplicación “Solver” del paquete de Excel, los cuales nos muestran cuál es la mejor opción para que éste ingenio produzca.

8.2.1 Modelo básico

				Xca	Yca	Yce	Za	Ze	Va	Ve
Actividades				Producción de caña de azúcar	Compra de caña para azúcar	Compra de caña para etanol	Producción de azúcar	Producción de etanol	Venta de azúcar	Venta de etanol
Precios Netos	0			0	-326	-326	-4000	-1.34	6000	5.5
Costo por Ha.				Costo de ton. de caña	Costo de ton. de caña	Costo de ton. de caña	Costo por ton. de azúcar	Costo por litro de etanol	Precio de venta del azúcar	Precio de venta del etanol
Unidades	Has.			Tons. de caña	Tons. de caña	Tons. de caña	Tons. de azúcar	litros de etano	Pesos/ton.	Pesos/litro
UTILIDAD	0		Resultados	0	0	0	0	0	0	0
Superficie total	0	<=	6000	1						
Rendimiento de caña de azúcar	0	=	0	-80	1	1				
Transferencia de caña a azúcar	0	=	0		-0.1		1			
Transferencia de caña a etanol	0	=	0			-74		1		
Transferencia de azúcar para venta	0	=	0				-1		1	
Transferencia de etanol para venta	0	=	0					-1		1
Mercado de azúcar	0	<=	120,000						1	
Mercado de etanol	0	<=	70,000,000							1

Figura 3. Estructura del modelo básico que se corrió en Solver-Excel.

Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Modelo con precio sombra del azúcar

Este modelo se corrió con el precio sombra de la azúcar; el costo de oportunidad de una unidad de algún factor - o su precio sombra- en la empresa de referencia, se obtiene averiguando cuál es el mejor uso para una unidad adicional de dicho insumo.

Precio sombra azúcar: $(326) * (1/0.1) + 4000 = 7,260 + 1$ unidad adicional

				PC	CCA	CCE	PA	PE	VA	VE
Actividades				Producción de caña de azúcar	Compra de caña para azúcar	Compra de caña para etanol	Producción de azúcar	Producción de etanol	Venta de azúcar	Venta de etanol
Precios Netos	0			-326	-326	-4000	-1.34	7261	5.5	
	Costo por Ha.			Costo de ton. de caña	Costo de ton. de caña	Costo por ton. de azúcar	Costo por litro de etanol	Precio de venta del azúcar	Precio de venta del etanol	
Unidades	Has.			Tons. de caña	Tons. de caña	Tons. de azúcar	Litros de etanol	Pesos/ton.	Pesos/litro	
UTILIDAD	48,000		Resultados	6,000	480,000	0	48,000	0	48,000	0
Superficie total	6,000	<=	6000	1						
Rendimiento de caña para azúcar	0	=	0	-80	1	1				
Transferencia de caña a azúcar	0	=	0		-0.1		1			
Transferencia de caña a etanol	0	=	0			-74		1		
Transferencia de azúcar para venta	0	=	0				-1		1	
Transferencia de etanol para venta	0	=	0					-1		1
Mercado de azúcar	48,000	<=	120,000						1	
Mercado de etanol	0	<=	70,000,000							1

Figura 4. Estructura del modelo con el precio sombra del azúcar que se corrió en Solver-Excel. Fuente: Elaboración propia.

8.2.3 Modelo con precio sombra del etanol

De igual manera, este modelo se corrió con el precio sombra del etanol. Así se obtuvo:

Precio sombra etanol: $(326) * (1/74) + 1.34 = 5.7454... + 0.01$ unidad adicional

				PC	CCA	CCE	PA	PE	VA	VE
			Actividades	Producción de caña de azúcar	Compra de caña para azúcar	Compra de caña para etanol	Producción de azúcar	Producción de etanol	Venta de azúcar	Venta de etanol
			Precios Netos	0	-326	-326	-4000	-1.34	6000	5.75
				Costo por Ha.	Costo de ton. de caña	Costo de ton. de caña	Costo por ton. de azúcar	Costo por litro de etanol	Precio de venta del azúcar	Precio de venta del etanol
			Unidades	Has.	Tons. de caña	Tons. de caña	Tons. de azúcar	Litros de etanol	Pesos/ton.	Pesos/litro
UTILIDAD	163,200		Resultados	6,000	0	480,000	0	35,520,000	0	35,520,000
Superficie total	6,000	<=	6000	1						
Rendimiento de caña de azúcar	0	=	0	-80	1	1				
Trasferencia de caña a azúcar	0	=	0		-0.1		1			
Transferencia de caña a etanol	0	=	0			-74		1		
Transferencia de azúcar para venta	0	=	0				-1		1	
Transferencia de etanol para venta	0	=	0					-1		1
Mercado de azúcar	0	<=	120,000						1	
Mercado de etanol	35,520,000	<=	70,000,000							1

Figura 5. Estructura del modelo con el precio sombra del etanol que se corrió en Solver-Excel. Fuente: Elaboración propia.

8.3 Resultados del Modelo

Como se observa en el modelo básico (Modelo 1), con los costos y precios actuales del etanol y del azúcar resulta que no es rentable la actividad de elaborar cualquiera de los dos productos y por eso el modelo arroja un resultado de cero en todas las variables consideradas. Sin embargo, con la obtención del precio sombra se puede saber cuál sería el aumento que debe tener el precio de cualquiera de los dos bienes (azúcar o etanol) para conocer la solución. Este es el modelo básico que resulta:

$$\text{Max } U = (6000V_a + 5.5V_e) - (326Y_{ca} + 326Y_{ce} + 4000C_{pa} + 1.34C_{pe} + C_{tav} + C_{tev})$$

Como aportación adicional y después de correr el modelo con el precio sombra de cada producto, se generan resultados con utilidades positivas. En el caso del

azúcar (Modelo 2) el incremento de su precio de venta por tonelada es del 21% y del etanol (Modelo 3) es de 4.5% (pesos por litro).

Los resultados del Modelo 2 son los siguientes:

Al correr este modelo con el precio sombra del azúcar, es decir \$7,261 pesos, se obtiene una utilidad máxima de \$48,000 pesos.

Ingresos – Costos = Max Utilidad

$$48,000\text{tons.} * 7,261\text{pesos} - (48,000\text{tons.} * 4,000\text{pesos} + 480,000\text{tons.} * 326\text{pesos}) = 48,000 \text{ pesos}$$

Se deben comprar 480,000 toneladas de caña de azúcar a \$326, para producir 48,000 tons. de azúcar a un costo de \$4,000 por tonelada, que al venderlas a \$7,261 por tonelada se obtendrá una máxima utilidad de \$48,000 pesos.

Los resultados del Modelo 3 son los siguientes:

Al correr este modelo con el precio sombra del etanol, es decir \$5.75 pesos, se obtiene una utilidad máxima de \$163,200 pesos.

Ingresos – Costos = Max Utilidad

$$35,520,000\text{lbs.} * 5.75\text{pesos} - (35,520,000\text{lbs.} * 1.34\text{pesos} + 480,000\text{tons.} * 326\text{pesos}) = 163,200 \text{ pesos}$$

Se deben comprar 480,000 toneladas de caña de azúcar a \$326, para producir 35,520,000 litros de etanol a un costo de \$1.34 por litro, que al venderlos a \$5.75 se obtendrá una utilidad máxima de \$163,200 pesos.

A manera de resumen se puede decir que, el Modelo básico (1), refleja que con los precios y costos actuales del etanol y del azúcar resulta que no es rentable la elaboración de cualquiera de los dos productos, de ahí que se corren otros dos modelos con el precio sombra de éstos para obtener los siguientes resultados:

- Con el modelo 2 se obtiene una máxima utilidad de \$48,000 pesos si se usa el precio sombra de \$7,261 pesos por tonelada de azúcar.
- Con el modelo 3 se obtiene una máxima utilidad de \$163,200 pesos si se vende el etanol a un precio de \$5.75 pesos el litro.

Por lo tanto, se puede decir que resulta más rentable la elaboración de etanol vendiéndolo a su precio sombra.

CONCLUSIONES

Según los resultados del modelo y el trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- 1) La discusión sobre la producción de biocombustible gira fundamentalmente sobre dos aspectos: el costo de la materia prima y el precio del producto. En este trabajo se ha dado un marco general sobre la importancia de los biocombustibles para el desarrollo de nuestro país.
- 2) El modelo concluye que un problema central de la actividad para que resulte rentable es que, al costo de la materia prima dado se requerirían incrementos en el precio del azúcar y del etanol. Este planteamiento coincide con la opinión de la industria azucarera de que se pagan precios muy altos por la caña de azúcar.
- 3) También este sencillo resultado ilustra porque no existen actualmente inversiones en conversión de caña de azúcar en etanol en México y las pocas propuestas que hay no están avanzando.
- 4) Según los datos que arroja el modelo, se recomienda al ingenio producir etanol en lugar de azúcar, ya que con un incremento menor en el precio de venta, de \$5.5 a \$5.74 por litro, se obtiene la máxima ganancia (\$163,200) y cualquier incremento adicional en el precio de venta provoca que la rentabilidad aumente; caso contrario con el azúcar, debido a que el precio de venta aumenta en mayor proporción, de \$6,000 a \$7,261 por tonelada y no genera tanta utilidad (\$48,000) como en el caso del etanol.

- 5) Dado que el precio de la caña de azúcar está fijado por la legislación y no por el mercado, una conclusión de este sencillo modelo es que se necesita cambiar la legislación azucarera para que los precios de la materia prima y de los productos respondan al mercado, para hacer rentable la producción de etanol.

RECOMENDACIONES

En base al desarrollo de ésta investigación se puede recomendar a trabajos posteriores lo siguiente:

Realizar algún estudio relacionado con los biocombustibles de segunda generación, es decir, los que se obtienen con los desechos agrícolas, ya que son una buena opción principalmente porque no ponen en riesgo la seguridad alimentaria de nuestro país y sería de gran utilidad generar investigaciones que apoyen el desarrollo de nuevas tecnologías dedicadas a la obtención de bioetanol o biodiesel a partir de estos desechos.

Visitar directamente algún ingenio azucarero que actualmente éste produciendo azúcar y etanol para conocer su situación tomando en cuenta su punto de vista, según lo investigado, en Veracruz existen algunos ingenios que ya producen etanol anhidrido pero en una cantidad mínima.

BIBLIOGRAFÍA

- Aboites, J. 1989. Industrialización y desarrollo agrícola en México. Plaza y Valdez-UAM. p. 63.
- Agejas D., L. A. 1996. Biocombustibles. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Agencia Internacional de Energía (AIE). 2007. *World Energy Outlook*. París.
- Banco Mundial. 2008. Informe sobre el desarrollo mundial 2008: Agricultura para el desarrollo. Coedición del Banco Mundial, Mundi-Prensa y Mayol Ediciones, S.A. Colombia. 322pp.
- En política Zona Centro. 2010. *CNPR Foro Internacional de la Caña de Azúcar*. Abril 26. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- El Financiero. 2008. *Cultivo de biocombustibles en aumento, de la mano del alza en petroprecios*. Agosto 18. p. 5A.
- Elobeid, A. y C. Hart. 2007. Ethanol Expansion in the food versus fuel debate: how will developing countries fare?. Produced by The Berkeley Electronic Press. Volume 5, Article 6. 23pp.
- FAO. 1999. *El concepto de "Carácter Multifuncional de la Agricultura y la Tierra (CMFAT)*. Roma. pp. 16.
- FAO. 2008. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma. pp: 11-43.
- FAO. 2006. *Introducing the International Bioenergy Platform (IBEP)*. Roma.
- Fondo de Cultura Económica. 1972. Lecturas sobre desarrollo agrícola: Selección de Edmundo Flores. México. pp: 23-40.

- Fundación Tierra. Abril 2002. Revista “Perspectiva Ambiental 24 Biocombustibles”. Ed. Associació de Mestres Rosa Sensat. 1ª edición. Barcelona, España. 34pp.
- García Z., R. 1993. Crisis y modernización del agro en México: 1940-1990. Ed. UACH, primera edición. p. 19.
- Gardner, B. y W. Tyner. 2007. Explorations in biofuels economics, policy, and history: introduction to the special issue. Produced by The Berkeley Electronic Press. Volume 5, Article 1. 8pp.
- Goettemoeller J. y A. Goettemoeller. 2007. *Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence*. Praire Oak Publishing. Maryville, Missouri. p. 42.
- Ruíz F., M. 2005. *Evolución reciente y perspectivas del sector agropecuario en México*. Revista ICE, número 821. México.
- Renewable Fuels Association. Industry Statistics: Annual World Ethanol Production by Country (Inglés). Consultado el 2008-05-02.
- Scharlemann, J. P. W. y W. F. Laurance. 2008. How green are biofuels. Science, vol. 319. Published by AAAS. 4 enero 2008. 2 pp.
- Secretaría de Energía. 2006. *Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México*. Edit. GTZ. México, D.F., Noviembre 2006.
- Silva L., M.S. y J.A. De la Cruz B. 2008. El comportamiento de los precios nominales y reales de los granos básicos: maíz, frijol, trigo, arroz y sorgo (1980-2005). Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 41:110.

Consultas electrónicas:

- <http://www.fao.org/docrep/x2777s/X2777S03.htm>. Consultada el 8/04/2010.
- <http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>. Consultada el 13/04/2010.
- <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Consultada el 8/11/2009.
- <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Consultada el 13/04/2010.
- <http://www.ruralforum.net/documentos/ficha.asp?id=es&Ndocument=254501703&Ncatego=101&pag=1&Nfrm=0>. Consultado 8/11/2009.
- <http://www.bepress.com/jafio/vol5/iss2/art1>. Consultada 25/05/2010.
- <http://www.bepress.com/jafio/vol5/iss2/art6/>. Consultada 25/05/2010
- <http://es.enviro.aero/biocarburantes.aspx>. Consultada 25/03/2010.
- http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/economicas/exterior/mensual/bcm/bcm.pdf. Consultada 25/03/2010.
- <http://dgcnesyp.inegi.org.mx/cgi-win/bdiecoy.exe/495?s=est&c=12499>. Consultada 25/03/2010.
- <http://www.zafranet.com/balance-del-mercado-azucarero/mercados-internacionales/>. Consultada el 10/11/2009.
- http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=208. Consultada 19/04/2010.
- <http://w4.siap.gob.mx/artus/eis/loadstage.asp>. Consultada 19/04/2010.
- http://www.iadb.org/sds/doc/RUR_MPineiro_s.pdf. Consultada 25/03/2010.
- http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2009330123020_Boletin_PIB_Agropecuario_IVtrimestre.pdf.
- <http://www.caneros.org.mx/estadisticas.htm>. Consultada el 19/11/2009.
- http://www.bioetanoldecana.org/es/download/resumo_executivo.pdf.

- <http://www.azucar.gob.mx/index.php?portal=cania>.
- <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/3/estudios.html>.
- <http://www.ilo.org/public/spanish/dialogue/sector/papers/food/wp259.pdf>.
- <http://www.campomexicano.gob.mx/azcf/reportes/reportes.php?tipo=>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Biocombustible>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodi%C3%A9sel>

ANEXOS

Anexo 1. Serie histórica por quinquenios del precio medio rural de la caña, el precio de la azúcar y la inflación en México de 1980-2010.

Año	PMR caña (\$/T)	Precio azúcar (\$/ton)	INPC
1980	0.37	8.06	26.24
1985	4.28	5.23	57.68
1990	60.47	22.23	26.54
1995	123.72	48.61	34.77
2000	255.38	4,416.20	9.51
2005	363.32	6,453.80	4.00
2010	253.33	11,045.00	4.63

Fuente: Elaboración propia con datos de las siguientes fuentes: El Precio Medio Rural de la caña de azúcar se obtuvo del SIAP y esta expresado en pesos corrientes. / El precio del azúcar de 1980-1995 se obtuvo del CEFEP de la H.C. de Diputados y del 2000-2010 del SNIIM; son precios de azúcar estándar y puestos en la Central de Abastos de Iztapalapa. /El Índice Nacional de Precios al Consumidor es un promedio anual con base en la 2ª quincena de junio 2002=100 publicado por el Banco de México./ TC: tasa de crecimiento.

Anexo 2. Serie histórica del precio medio rural de la caña de azúcar (\$/Ton) y la inflación (en pesos corrientes y acumulada) en los distritos de Veracruz del 2000-2008.

Distritos	2000	2005	2008
Ciudad Alemán	219.00	385.28	386.77
Coatepec	219.28	330.00	330.00
Fortin	219.00	325.51	389.71
Jaltipan	219.00	369.20	372.00
La Antigua	237.32	393.00	416.00
Mtnez. De la Torre	200.00	250.00	300.00
Pánuco	304.28	379.74	410.32
Sn. Andrés Tuxtla	240.00	284.02	300.00
Veracruz	300.00	390.88	388.71
Total estatal	234.26	355.53	385.43
INPC	9.5083	3.9960	5.1174
INPCA	1.0000	1.2719	1.4404

Fuente: El Índice Nacional de Precios al Consumidor es un promedio anual con base en la 2ª quincena de junio 2002=100 publicado por el Banco de México./ El Precio Medio Rural se obtuvo del SIAP.

Anexo 3. Información de los parámetros de producción, conversión y venta de caña de azúcar o etanol.

Actividades	Precios Netos	Restricciones	
Costo de una tonelada de caña de azúcar	\$326	Superficie de abastecimiento de caña de azúcar	6,000 hectáreas
Costo de producción de una tonelada de azúcar	\$4,000	Cuota máxima de venta de azúcar	120,000 toneladas
Costo de producción de un litro de etanol	\$1.34	Mercado de etanol	70 millones de litros al año
Precio de venta de una tonelada de azúcar	\$6,000	Fuente: Elaboración propia con datos del ingenio.	
Precio de venta de un litro de etanol	\$5.5		

Fuente: Elaboración propia con datos del ingenio.

Coeficientes técnicos	
De una hectárea se obtienen	80 toneladas de caña
De una tonelada de caña se obtienen	10 kilogramos de azúcar ó 74.5 litros de etanol

Fuente: Elaboración propia con datos del ingenio.