

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN AGROPECUARIA**



**PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE (BIOETANOL) A BASE DE  
MAIZ EN MÉXICO**

**Por:**

**DEYLI COSVI VELAZQUEZ HERNANDEZ**

**TRABAJO DE OBSERVACIÓN, ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE  
INFORMACIÓN**

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ADMINISTRADOR**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION AGROPECUARIA

PRODUCCION DE BIOCOMBUSTIBLE (BIOETENOL) A  
BASE DE MAIZ EN MEXICO

TRABAJO DE OBSERVACIÓN, ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE  
INFORMACIÓN

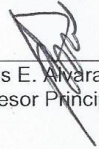
**POR:**

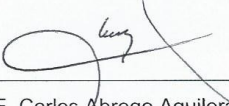
**DEYLI COSVI VELAZQUEZ HERNANDEZ**

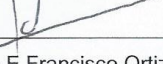
Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como  
requisito parcial para obtener el Título de:

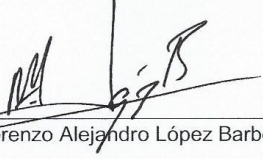
**INGENIERO AGRONOMO ADMINISTRADOR**

Aprobada por:

  
M.A.E Tomás E. Alvarado Martínez  
Asesor Principal

  
M.A.E. Carlos Abrego Aguilera  
Coasesor

  
M.A.E Francisco Ortiz Serafin  
Coasesor

  
DR. Lorenzo Alejandro López Barbosa

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas

Saltillo, Coahuila, México  
Noviembre, 2015.



DIV. CS. SOCIOECONOMICAS  
COORDINACION

## *Dedicatorias*

### *A Díos*

*El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a tí Díos por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.*

### *A MIS PADRES*

Leónides Velázquez Pérez

Juana Hernández Roblero

*No es fácil ser padres, no existe una guía que nos garantice que nuestras acciones como padres sean correctas y por supuesto que es más difícil ver crecer a tus hijos y que poco a poco van adquiriendo principios, valores, amigos, y que lentamente se van trazando caminos en la vida y se van separando de uno, quiero expresarles Padres, en estas humildes palabras las alegrías, los desvelos, los sinsabores, los pleitos, los triunfos, las derrotas; de las cuales aprendemos más.*

*Quiero darles gracias por apoyarme tanto, por ser mi motivación y el motor de mi vida por darme luz en la oscuridad y aliento en la tempestad, por demostrarme que existen los buenos profesionales que admiran su carrera y luchan por lo que sienten y buscan hasta encontrar la respuesta en todo momento, por darme su confianza la cual nunca defraudare, por ser como son y otorgarme inculpables valores de los cuales el mayor de ellos es la "humildad" por enseñarme*

*que una vida alejada de dios no lleva a ningún lado, y que con el mi vida será llena de bendiciones, por demostrarme que este donde este ustedes siempre me apoyaran incondicionalmente.... Gracias padres.*

### ***A MIS HERMANOS***

*Isaac, Omeli, Delsi, Oni, Erubey, Amanda y Armando Gracias por formar parte de mi vida y ser los mejores hermanos que he tenido. Gracias por el apoyo que me han brindado, sus consejos, regaños, risas y todos los momentos que hemos pasado los admiro mucho y recuerden que tienen un lugar muy especial en mi vida.*

### ***A MIS SOBRINOS***

*Omar y Cristian Gracias por sus hermosas sonrisas inocentes, que nos animan y conmueven a seguir adelante a ellos también les dedico parte de este trabajo, el ser tía ha sido para mí, la mayor alegría y bendición.*

### ***A MI TIO***

*Laurentino Velázquez Pérez por su apoyo y consejos que nos ha brindado siempre, por su apoyo y consejos "gracias".*

## ***AGRADECIMIENTO***

*Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo*

*A la universidad autónoma agraria Antonio narro (Mi Alma Terra Mater) por darme la oportunidad de estudiar y abrirme las puertas del*

conocimiento, espero siempre poner en alto el nombre de esta universidad.

*Agradezco al M.A.E Tomas E. Alvarado Martínez*

*Por su apoyo y confianza, por su valiosa asesoría, observación y sugerencias que fueron gran ayuda en el desarrollo de esta investigación.*

*Al M.A.E Carlos Abrego Aguilera. Por su apoyo y por aceptar ser parte de este trabajo por ser una gran persona gracias.*

*Al ing. Serafin ortiz por aceptar ser uno de mis coasesores, y por apoyarme en la revision de este trabajo le agradezco por su apoyo*

*Juan Antonio Rangel Hernández*

*Por formar parte de mi vida, por comprenderme y apoyarme en los momentos difíciles que he pasado, por tu amor y cariño y por animarme siempre.*

***A MIS AMIGAS Y AMIGOS***

*Carmen, Petri, Rosa, Guadalupe, Omar, Garay, Elsi Juaní, Enelida, cesi*  
*Gracias por formar parte de mi vida, por confiar en mí y por los momentos de alegría, tristezas, enojos, y por los consejos que recibí de sus parte; recuerden las (los) quiero mucho siempre tendrán un lugar muy especial en mi corazon.*

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE GRAFICAS .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
1.1. Objetivo General:.....	3
1.2. Objetivos Específicos:.....	3
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>4</b>
<b>EL CULTIVO DE MAÍZ EN MÉXICO .....</b>	<b>4</b>
1.1. Antecedentes del cultivo de maíz en México .....	4
1.2. Importancia del maíz en México.....	5
1.3. Características del cultivo del maíz .....	6
1.4. Descripción física del cultivo.....	7
1.5. Fenología del cultivo .....	8
1.6. Principales estados productores de maíz en México 2005-2014 .....	9
1.7. Producción de maíz en México .....	11
1.8. Proceso de producción del cultivo del maíz. ....	12
1.9. Estacionalidad de la producción.....	13
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>16</b>
<b>LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN EL MUNDO .....</b>	<b>16</b>

2.1. Proceso de producción de etanol a base de maíz .....	19
2.2. Principales Países productores de Bioetanol.....	21
2.3. Producción de Biocombustibles en Estados Unidos.....	22
2.5. Producción de los biocombustibles .....	24
2.6. Rentabilidad de los biocombustibles .....	25
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>26</b>
<b>LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN MÉXICO .....</b>	<b>26</b>
3.1. Costos de producción .....	27
3.2. Situación de los biocombustibles en México.....	31
3.3. Aspectos económicos de la producción de bioetanol a partir de maíz. ....	32
3.4. Beneficios ambientales y energéticos del bioetanol .....	33
3.5. Normas de calidad y regulación en la producción o comercialización del etanol en México.....	34
3.5.1. Desarrollo de los biocombustibles en México.....	34
3.5.2. Beneficios derivados del desarrollo de los biocombustibles .....	34
3.5.3. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos .....	35
3.5.4. Programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico (Proinbios).....	36
3.5.5. La producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz. ....	38
3.5.6. La producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticas. ....	38
3.5.7. Identificación de áreas de oportunidad.....	39
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>40</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Volumen de la producción nacional de los principales cereales 1996-2006 Riego y Temporal (Miles de toneladas).....	5
Cuadro 2. Principales estados productores de maíz 2005-2014*Riego y temporal ...	10
Cuadro 3. Producción de maíz en México 2000-2014*Riego y Temporal.....	10
Cuadro 4. Calendario agrícola de maíz en México .....	14
Cuadro 5. Producción Mundial de Etanol.....	19
Cuadro 6. Balance Producción – Consumo En U.S.A.....	23
Cuadro 7.Producción de energía primaria en México .....	26
Cuadro 8. Costo de producción de etanol en México 2006.....	28
Cuadro 9. Producción de alcohol etílico (etanol), en México .....	31
Cuadro 10. Análisis de costos en la producción de Etanol a partir de Maíz (2014) ...	33

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Participación de la Producción del Maíz en la Producción de Cereales .....	6
Grafica 2. Producción mundial de etanol (1976-2012) .....	18
Grafica 3. Principales países Productores de Etanol a Nivel Mundial en 2005 .....	22
Grafica 4. Estructura de costos de la producción de Etanol.....	29



## **RESUMEN**

Bioetanol El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar, maíz, sorgo o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa de la planta.

El etanol hoy en día ya es un producto mundialmente consolidado para su uso como biocombustible, bien como mezcla de gasolina o bien como combustible en motores de ignición por chispa. Por eso se considera como una de las opciones más viables para sustituir a la gasolina y colaborar en la reducción del uso de combustibles fósiles.

El incremento de la utilización de etanol derivado sobre todo de plantas feculentas y azucareras, trae consigo la creación de una demanda importante de productos agrícolas relacionados con la energía y por ende, influye en el comportamiento de los mercados de productos básicos. En el presente trabajo se da a conocer la producción de etanol a base de maíz en el mundo y la producción de etanol en México.

La producción de Bioetanol ha crecido ampliamente y su uso ha aumentado aceleradamente en los últimos años a nivel mundial, existiendo los primeros casos en nuestro país, donde debe consolidarse el marco regulatorio apropiado para impulsar su desarrollo de manera consistente y firme, como sucede en otros países tanto en desarrollo como; Estados Unidos..

**Palabra Clave:** Maíz, Producción, Bioetanol, producto, Mercado.

Correo electronico; Deyli Cosvi Velázquez Hernández. [D.velaz.h@hotmail.com](mailto:D.velaz.h@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

A medida que pasan los años los métodos de producción mejoran para volverse más efectivos. En la actualidad, la globalización ha logrado que la interrelación de las economías se estreche y que las derramas de conocimiento se amplíen. No obstante, para entrar en competencia con las grandes economías se requiere el uso de tecnología de vanguardia en varios sectores de la producción para que México pueda competir con otros países y aproveche la derrama de conocimientos mundiales.

Dado que la producción petrolera de nuestro país no ha crecido significativamente en los últimos años y a las reservas probadas les queda poco tiempo de vida, la búsqueda de combustibles alternativos se ha intensificado. En este mercado se ha probado alrededor del mundo que el uso de etanol en la gasolina funciona y reduce los requerimientos del petróleo para aquellos países que lo utilizan, además de traer consigo grandes beneficios climatológicos, cuando al ser quemado contamina menos produciendo una menor cantidad de dióxido de carbono.

Para que México pueda hacer uso del etanol y abastecer la creciente demanda de este producto proveniente de Estados Unidos, se requiere aumentar uno de los insumos principales con el que se produce que es el maíz, de tal forma que una parte de la producción de este insumo sea destinada a la creación de biocombustibles. Con los métodos de producción actual es difícil suministrar de forma eficiente al mercado interno por lo que el cultivo de maíz transgénico se perfila como una opción cada vez más viable en aras de lograr un repunte en la producción total de maíz.

Desde el momento en que prácticamente cualquiera de los alimentos que consumimos puede ser convertido en combustible para automóviles, incluyendo al trigo, el maíz, el arroz, la soya y la caña de azúcar, la línea que divide los mercados de la comida y de los energéticos se vuelve cada vez más delgada.

Históricamente, estos alimentos interesaban únicamente a los productores y procesadores de alimentos, quienes abastecían al sector alimenticio. En la actualidad, los productores de biodiesel y etanol han comenzado a entrar en competencia en la oferta de estos productos. Además, a medida que el precio del

petróleo aumenta y muestra signos de inestabilidad se vuelve más redituable convertir los insumos agrícolas en combustible para vehículos. La adopción de biotecnología en la producción de maíz se encuentra positivamente relacionada con la educación, la experiencia y la combinación de ambos factores, mientras mayor educación y más experiencia se tenga se tiende a adoptar más rápidamente el uso de nuevas tecnologías

En Estados Unidos la producción de etanol ha adquirido un gran auge debido a las ventajas que conlleva, tales como una menor dependencia de las importaciones de petróleo extranjero, en especial de Medio Oriente; una gran aceptación por parte de los agricultores que reciben mayores subsidios al producir maíz y a una menor contaminación que genera el uso de un combustible “verde”.

La producción de combustibles a base de productos agrícolas se encuentra concentrada en Brasil, que utiliza como insumo principal la caña de azúcar y en Estados Unidos, cuyo insumo primordial es el maíz. En el caso de Europa, la producción de biodiesel está adquiriendo un gran auge. Tan sólo en 2006 se produjeron 1.6 miles de millones de galones de biocombustibles, de los cuales 858 millones eran galones de biodiesel, fabricados a partir de aceite vegetal en Alemania y Francia y 718 millones fueron elaborados con etanol en Francia, España y Alemania. (Ceesp, mayo.2007)

Con base en lo anterior, el presente trabajo de estudio y observación, tiene como propósito principal analizar la situación actual de la producción de biocombustibles a base del maíz en México. Por esta razón se planteó como objetivo general, lo siguiente.

**Palabras Clave: Bioetanol, Maíz, Producción.**

**1.1. Objetivo General:**

Analizar la situación de la producción de biocombustible (bioetanol) a base de maíz en México de 2005 a 2014.

**1.2. Objetivos Específicos:**

Caracterizar el cultivo de maíz como insumo para producir Bioetanol y sus subproductos.

# CAPÍTULO 1

## EL CULTIVO DE MAÍZ EN MÉXICO

### **1.1. Antecedentes del cultivo de maíz en México**

El maíz (*Zea Mays* L.) es uno de los principales cereales cultivados para la alimentación humana y animal en muchos países (Zarzadas et al.,1995), siendo de gran importancia económica a nivel mundial globalmente el maíz se cultiva en más de 140 millones de hectáreas, con una producción anual de más de 580 millones de toneladas métricas, por lo que actualmente el maíz es el segundo cultivo más producido del mundo, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar (Bressani,1991; FAO, 1993;)

Boyer y curtis en hallauer, 1994). Toda la planta puede ser aprovechada y las aplicaciones posibles de este cultivo incluyen alimento, forraje y materia prima para la industria. Como alimento, se puede utilizar todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios, como por ejemplo sémola de partículas de diferentes tamaños, sémola en escamas, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia variedad de alimentos. También pueden producirse almidón, aceite, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (FAO, 1993).

La diversidad de los ambientes bajo los cuales se cultiva el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Se puede encontrar desde los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia y hasta los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La planta está adaptada a ambientes desérticos y extremadamente húmedos y elevaciones desde 0 a 4000 metros sobre el nivel del mar, aunque la mayor parte es cultivada a altitudes medias y su cultivo podría expandirse a nuevas áreas y a nuevos ambientes (Werner, 1997; Paliwar, 2001).

## 1.2. Importancia del maíz en México

El maíz es por mucho el cultivo más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0%, no obstante, los decrementos registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8, respectivamente.

La TMAC de la producción de avena también tuvo un comportamiento positivo 0.7%. En contrapartida, el sorgo, el arroz y el trigo presentaron una TMAC en su producción, de -2.1, -1.7 y 0.4 %, en ese orden, como se puede ver en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1 Volumen de la producción nacional de los principales cereales 1996-2006 Riego y Temporal (Miles de toneladas)**

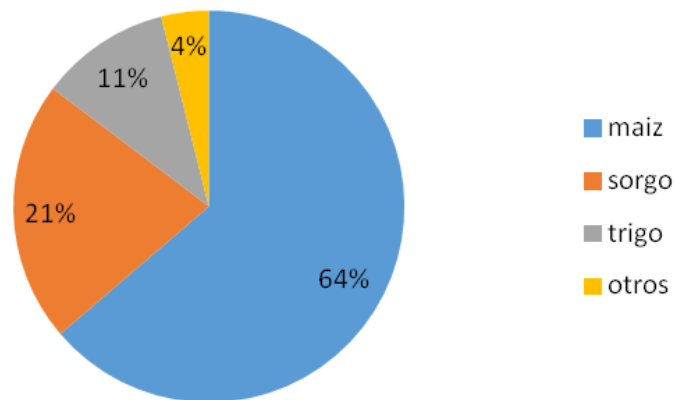
AÑO	Maíz	Trigo	Sorgo	Cebada	Arroz	Avena
1996	18,026.00	3375	6,809.50	585.8	394.1	121.5
1997	17,656.30	3656.6	5,711.60	470.7	469.5	96.5
1998	18,456.40	3,235.10	6,474.80	410.8	458.1	88.8
1999	17,708.20	3020.9	5,720.30	454.1	326.5	133.1
2000	17,559	3493.2	5,842.30	712.6	351.4	32.5
2001	20,134.30	3275.5	6,566.50	761.6	226.6	88.9
2002	19,299.10	3236.2	5,205.90	736.6	227.2	60.1
2003	20,703.10	2715.8	6,759.10	1,081.60	273.3	94.1
2004	21,689	2321.2	7,004.40	931.5	278.5	98.9
2005	19,341	3015.2	5,524.40	760.7	291.1	127.1
2006	21,962.60	3249	5,504.30	856.6	331.6	130.3
TMAC	2	-0.4	-2.1	3.9	-1.7	0.7

Fuente: Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. (SIACON-SIAP)

Por otra parte, se observa que la participación del volumen obtenido de maíz en la producción total de cereales es creciente, ya que, en 1996, la participación del maíz fue de 61.5%; en 2002 su contribución alcanzó 67%. En tanto que en 2006 llega al máximo nivel alcanzado en el periodo que se analiza: 68.6% de la producción total de cereales.

Comportamiento diferente tiene el sorgo, cultivo sustituto del maíz con respecto del uso pecuario, ya que el sorgo registra una participación decreciente en el periodo que nos ocupa, al pasar de 23.2% en 1996 a 17.2% durante 2006. Se observa que los seis puntos porcentuales que aumento el maíz en su participación dentro de los principales cereales que se producen en el país, los disminuyo el sorgo.

**Grafica 1. Participación de la Producción del Maíz en la Producción de Cereales**



Fuente: Sistema de información Agropecuaria de Consulta. (SIACON-SIAP)

El trigo y el arroz también muestran una participación a la baja, al pasar el primero de 11.5% al inicio del periodo a 10% en el último año; y el segundo de 1.3% a 1.0%. En el caso de la avena, prácticamente se mantuvo en todo el periodo en alrededor de 0.4% de participación. Diferente situación se observó en el caso de la cebada, cuya participación se acrecentó de 2.0% a 2.7% entre 1996-2006, dada la dinámica en la producción de cerveza, de la cual es la materia prima principal.

### **1.3. Características del cultivo del maíz**

**Nombre común:** MAIZ. El nombre proviene de las Antillas, pero en México, los nahuas lo denominaron centli (a la mazorca) a tlaolli (al grano).

**Reino:** plantae

**Subclase:** monocotiledónea

**Familia:** gramíneas



**Nombre científico:** (género y especie): Zea mays

**Clase:** Angiosperma

**Orden:** Cereales

#### **1.4. Descripción física del cultivo**

La planta alcanza de medio metro a seis metros de alto. Las hojas forman una larga vaina enrollada al tallo y un limbo más ancho y alargado. Del tallo nacen dos o tres inflorescencias muy densas o mazorcas envueltas en espatas, en la axila de las hojas muy ceñidas. En cada mazorca se ven filas de granos, cuyo número puede variar de ocho a treinta. A cada grano le corresponde un largo hilo sedoso que sobresale por el extremo de la mazorca el tallo de la planta esta rematado en el extremo por una gran panoja de pequeñas flores masculinas; cuando el polen ha sido aventado, se vuelven parduscas.

El maíz es una planta gramínea originaria de América, que se extendió por todo el mundo. La planta de maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual, el tallo es simple y erecto, de elevada longitud, pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones, por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una esponjosa, si se realiza un corte transversal.

La reproducción del maíz es sexual, ya que tiene espiga o inflorescencia masculina que presenta una panícula (vulgarmente denominada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos, en cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. La mazorca o inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 0 1000 granos se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral, las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias; se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades, los extremos de las hojas son muy afiliados y cortantes, las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta, en algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo.

La polinización de las plantas se realiza con ayuda del viento, que transporta el polen de una planta a otra. El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento (polinización anemófila), cae sobre los estilos donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada fecundado crece hasta transformarse en un grano de maíz. (Saín, Gustavo. 1997.)

Después que el maíz emerge de los campos, el suelo debe mantenerse libre de malezas y hay que luchar contra los insectos. Existen muchos insectos que atacan el maíz, entre ellos la oruga del insecto agrostis o trazador (que destruye las plantas jóvenes), el horador o talador de maíz, la larva de blisis y el gusano del maíz heliothis, que ataca la mazorca. Algunas de las enfermedades más importantes del maíz son: el carbón, la roya, o el anublo, la podredumbre de las mazorcas y la enfermedad de Stewart. Otros enemigos son ciertos pájaros y animales que se comen las semillas recién plantadas o la cosecha.

Es una planta propia de las tierras calientes y húmedas, pero las condiciones óptimas para los cultivos del maíz son temperaturas mayores de 20 grados y lluvias de 600 a 1000 milímetros por año. Hay variedades de maíz que se pueden desarrollado diferentes especies: everta, tunicata, indurata, indertata, amilácea y saccharata.

Actualmente las variedades perfeccionadas de maíz requieren un suelo arcilloso, de buen desagüe y cálido. Se sabe que el maíz produce más si se siembra después de una cosecha de leguminosas en rotación con otras plantas el tiempo de desarrollo varía desde dos a siete meses.

### **1.5. Fenología del cultivo**

El cultivo de maíz se encuentra en constante cambio desde su siembra hasta la cosecha. Para producirlo, son necesarios los siguientes elementos: agua, minerales, suelo, dióxido de carbono y oxígeno, los que con la ayuda de la radiación solar son transformados por la planta en carbohidratos, proteínas, aceites y minerales.

El crecimiento y producción del maíz depende del potencial genético de la planta para responder a las condiciones ambientales en las que crece. Aunque la naturaleza es la responsable de la mayor parte de la influencia ambiental sobre el

crecimiento y la producción, podemos manipularla por medio de las siguientes prácticas: arando, fertilizando, regando y controlando malezas e insectos.

Es importante entender las etapas del crecimiento de la planta para usar eficientemente las prácticas agrícolas, obteniendo así una mejor producción, a continuación, se describe y se ilustra las etapas de crecimiento de un híbrido promedio, las cuales se refieren a:

- Desarrollo de 20 a 21 hojas
- Los pelos del jilote aparecen a los 65 días después de la emergencia
- Madura a los 125 días después de la emergencia.

Generalmente las plantas de maíz siguen el mismo patrón de crecimiento, pero la duración entre las etapas puede dependiendo del híbrido, lugar, temporada y fecha de siembra. Por ejemplo: un híbrido precoz puede desarrollar menos hojas o pasar las etapas más rápido a lo indicado aquí, o un híbrido tardío puede desarrollar más hojas o pasar las etapas en un mayor tiempo.

La tasa de crecimiento de las plantas está relacionada directamente con la temperatura, por lo que la duración de las etapas variara de acuerdo con la temperatura entre y dentro de las fases de crecimiento. La deficiencia de nutrientes o humedad pueden incrementar la duración de las etapas vegetativas, pero también acortar la duración de las etapas reproductivas. El número, tamaño y peso del grano y la duración de las etapas reproductivas del crecimiento variara dependiendo del híbrido y de las condiciones y de las condiciones ambientales.

#### **1.6. Principales estados productores de maíz en México 2005-2014**

Los principales Estados productores de Maíz son: Jalisco como el líder de la superficie sembrada y cultivada a comparación de los demás estados en seguida se encuentra Michoacán con un rendimiento de 3.521ton/ha, los siguientes estados se encuentra México y Guerrero. (Ver Cuadro 2)

**Cuadro 2. Principales estados productores de maíz 2005-2014\*Riego y temporal**

Estado	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Jalisco	598172.964	563873.672	3057533.01	5.416	2840.767	8680176.60
Michoacán	471,588.822	438,636.12	154,701,9.924	3.521	2810.025	440,858,4.89
Edo. México	552377.245	517498.109	1587662.46	3.019	3119.032	4878707.28
Guerrero	477795.15	463051.166	1260218.14	2.717	3036.973	3821058.96

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP

\*Incluye superficie de riego y temporal

**Cuadro 3. Producción de maíz en México 2000-2014\*Riego y Temporal**

Año	Superficie (miles/ ha)		Volumen de prod (miles ton)	Rendí ton/ha	Precio Medio Rural (\$/ton)	Valor de Prod (mdp)
	Sembrada	Cosechada				
2000	8,444.80	7,131.20	17,556.90	2.5	1,507.80	26,471.90
2001	8,396.90	7,810.80	20,134.30	2.6	1,451.10	29,216.40
2002	8,270.90	7,118.90	19,297.80	2.7	1,500.60	28,957.50
2003	8,126.80	7,520.90	20,701.40	2.8	1618	33,495.10
2004	8,403.60	7,696.40	21,685.80	2.8	1,678.60	36,401.60
2005	7,978.60	6,605.60	19,338.70	2.9	1,577.90	30,515.10
2006	7,807.30	7,294.80	21,893.20	3	2010.6	44,017.40
2007	8,117.40	7,333.30	23,512.80	3.2	2,442	57,417.90
2008	7,942.30	7,344.30	24,410.30	3.3	2,817	68,764.90
2009	7,726.10	6,223.30	20,142.80	3.2	2,802.10	56,441.20
2010	7,860.70	7,148	23,301.90	3.3	2,816.50	65,629.40
2011	7,750.30	6,069.10	17,635.40	2.9	4,077.80	71,913.90
2012	7,372.20	6,923.90	22,069.30	3.2	4,009.60	88,489.60
2013	7,503.70	7,104.20	23,042.00	3.2	3,385.20	78,001.00
2014	7,469.50	7,071.90	22,630.00	3.2	N/D	N/D

Fuente: SIAP.SAGARPA 2000-2014

\*Incluye riego y temporal

## **1.7. Producción de maíz en México**

El maíz es un cultivo clave para México, con un consumo promedio diario per cápita de 343 gramos, 72 % del total de cereales consumidos en el país. (FAOSTAT, 2010). La siembra estimada de maíz en México para 2010 fue de 7.86 millones de hectáreas, 36 % del área total cultivable del país. De ella, 82 % se sembró en condiciones de temporal y el volumen de producción total fue 24.4 millones de toneladas (SIAP, 2010), insuficientes para satisfacer la SAF, por lo que es necesario mejorar la productividad, lo que se puede lograr, entre otras formas, mediante la aplicación del MP-I. El MP-I es una propuesta metodológica que tiene como propósito elegir la mejor combinación de innovaciones radicales y progresivas aplicadas en la producción de maíz a nivel local, para mejorar la productividad agrícola y la SAF. El MP-I identifica a los productores de mayores rendimientos y el patrón tecnológico que aplican en el manejo de maíz, para transferirlo a aquellos productores con menores rendimientos, para reducir las asimetrías tecnológicas que existen entre ellos.

La generación y transferencia de innovaciones radicales está vinculado al paradigma productivista enraizado en la Revolución Verde. Comprende el uso de varios componentes (riego, agroquímicos, etcétera) sistematizados en paquetes tecnológicos para aprovechar la productividad de los materiales mejorados (FAO, 1996). En la evolución de este paradigma han intervenido varias entidades: la Oficina de Estudios Especiales (1943: OEE), el Instituto de Investigaciones Agrícolas (1947: IIA), el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (1960: INIA)

Donde se fusionaron la OEE y el IIA, y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que nace en 1985 de la unión del INIA y los institutos nacionales de investigaciones pecuarias y forestales. Actualmente es la agencia que atiende las demandas de productores y cadenas agroindustriales en investigación agropecuaria (INIFAP, 2003). Por su parte, la generación y difusión de tecnologías progresivas, tiene una historia milenaria y ha sido auspiciado por una base social amplia que incluye a campesinos, académicos, organizaciones científicas, e incluso a algunos técnicos del INIFAP. En este trabajo se expone el MP-I validado con productores de temporal de Cohetzala, Puebla, suponiendo que en un

territorio concreto coexisten maiceros que se diferencian entre sí por la forma en que manejan el maíz y por su potencial productivo, originado por el desigual acceso que tienen los productores a las condiciones generales y concretas que participan en dicho manejo.

### **1.8. Proceso de producción del cultivo del maíz.**

**1. Preparación del Suelo:** Barbecho a 30 cm de profundidad, dos rastras cruzadas, nivelación o tabloneo. Preparar el suelo con humedad de remojo. Subsolear cada 5 años para romper el suelo por el piso del arado.

**2. Surcado:** Surcar a 0.80 ó 0.90 m entre surcos.

**3. Siembra y primera fertilización.** De 25 a 30 Kg/Ha de semilla mejorada con maquinaria y la formula: 90-00-00 de fertilizante enterrado con maquinaria.

**4. Control de malezas.** a) Con herbicidas pre-emergentes. b) Manual: Eliminar toda mala hierba con cultivadora antes del 2º abonamiento.

**5. Primer Riego.** Antes del aporque. Retrasar lo más que se pueda.

**6. Segunda aplicación de fertilizante.** 90-80-60 de fertilizante enterrando.

**7. Aporque.** Cuando las plantas tengan aproximadamente 0.40 m de altura.

**8. Segundo riego:** Después del aporque.

**9. Control de plagas.** Lorsban L 4E: 1 lt/Ha 30 a 40ml/bomba de 15 lt.

**10. Riego de Floración.** Cuando las plantas inician la salida de las panojas y barbas. En alta densidad, regar un surco sí otro no.

**11. Riego de maduración.** Aproximadamente a los 15 ó 20 días de la floración.

**12 Cosecha para elotes.** Cuando los granos están bien formados, turgentes y lechosos.

**13. Cosecha para forraje o ensilaje.** Cuando los granos pasaron el estado lechoso. Duros.

**14. Cosecha para grano.** Despancar a los 70 días después de la floración; cuando los granos estén duros y semisecos y presenten la capa negra del grano.

**15. Secado.** Dejar secar las mazorcas al sol en eras, colcas o tendales, volteándolas periódicamente para procurar un secado uniforme. Mejor utilizar secadores aéreos en malla.

**16. Desgrane.** Desgranar cuando las mazorcas y granos estén completamente secos (14% de humedad) para evitar rompimiento de granos con la desgranadora.

**17. Almacenamiento.** Guardarlo en mazorca o desgranado, al granel o en sacos (con menos de 12% de humedad en el grano), en almacenes frescos y secos, protegidos de roedores e insectos (10 a 15°C y 60-70% H.R. en almacén). En caso de ataque de insectos, aplicar pastillas fumigantes de Fosfato de Aluminio, tales como Photoxin de 3 a 5 pastillas/TM o Gastion de 1 a 2 por TM o cualquier otro similar, si el grano es para consumo humano o animal.

### **1.9. Estacionalidad de la producción**

El ciclo productivo del maíz se inicia con la siembra de éste, actividad que comprende los meses de octubre a marzo, dando inicio así al ciclo Otoño Invierno (O-I), en tanto que su cosecha abarca los meses que van de diciembre a septiembre del siguiente año, (Ver cuadro 4)

**Cuadro 4. Calendario agrícola de maíz en México**

2006					2007											2008								
Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene	Feb.	Mar	Abr	Mayo	Jun.	Jul	Ago.	Sep.	Oct.	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo			
		Año Agrícola 2007																						
		Siembras OI 2006/2007																						
				Cosechas OI 2006/2007																				
								Siembras PV 2007/2007																
										Cosechas PV 2007/2007														
				Cierre definitivo OI 2006/2007																				
				Cierre definitivo PV 2007/2007																				

Fuente: Dirección de integración Estadística, Servicios de información Agroalimentaria y Pesquera



La fase alta de producción se realiza en los meses de mayo y junio, cuando se obtiene, aproximadamente, el 78 % del total de producción nacional del ciclo OI.

Mientras que la siembra correspondiente al ciclo primavera verano (PV) empieza en el mes de abril y finaliza en septiembre. La cosecha de este ciclo comprende diez meses, de junio a marzo.

Aunque en octubre ya se recolectan volúmenes importantes de maíz, es en los meses de noviembre, diciembre y enero cuando se obtiene la mayor parte de la producción, representado esta el 73% del total nacional producido durante este ciclo.

## CAPITULO II

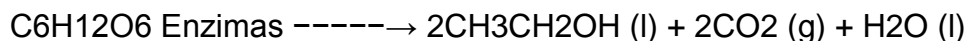
### LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN EL MUNDO

Bioetanol El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar, maíz, sorgo o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa. Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa de la planta. El bioetanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas.

En este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5 % de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

Almidón Hidrolisis -----→ Azúcar Fermentación -----→ Etanol

Mediante la fermentación directa de productos azucarados:



El Bioetanol mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión. El etanol se usa en mezclas con la gasolina en concentraciones del 5 o el 10 %, E5 y E10 respectivamente, que no requieren modificaciones en los motores actuales. Un obstáculo importante es la legislación europea sobre la volatilidad de las gasolinas que fija la proporción de etanol en mezclas E5. Concentraciones más elevadas, autorizadas en Suecia y Estados Unidos, implica que se debe disponer de un vehículo flexible (FFV), con un depósito, motor y sistema de combustible único capaz de funcionar con gasolina y etanol, solos o mezclados en cualquier proporción. La otra alternativa para su uso es en forma de aditivo de la gasolina como etil-terbutil éter (ETBE). Las especificaciones para la utilización de bioetanol se compendian en la norma Europea de Gasolinas EN 228, en España se encuentra transpuesta la Directiva 2003/17/CE relativa a la calidad de las gasolinas y gasóleo, en el Real

Decreto R.D. 61/2006 de las especificaciones y uso de biocarburantes. F. J. Guerra, C. Mallén, A. Struck, T. Varela 10 Universidad Iberoamericana Laboratorio de Procesos de Separación, verano 2008 De esta forma, los principales objetivos de la producción de bioetanol son: Preparar mezclas con gasolina en lugar de otros aditivos como el ETBE (etil-terbutil éter) o el MTBE (metil-terbutil éter) en proporciones superiores al 5 %. Usarlo como carburante en mezclas con gasolina hasta un 85 %. Suministrarlo como materia prima en la producción del ETBE. Las principales fuentes actuales de producción de bioetanol a nivel mundial son en orden alfabético: Caña de azúcar Maíz Remolacha Sorgo dulce Yuca

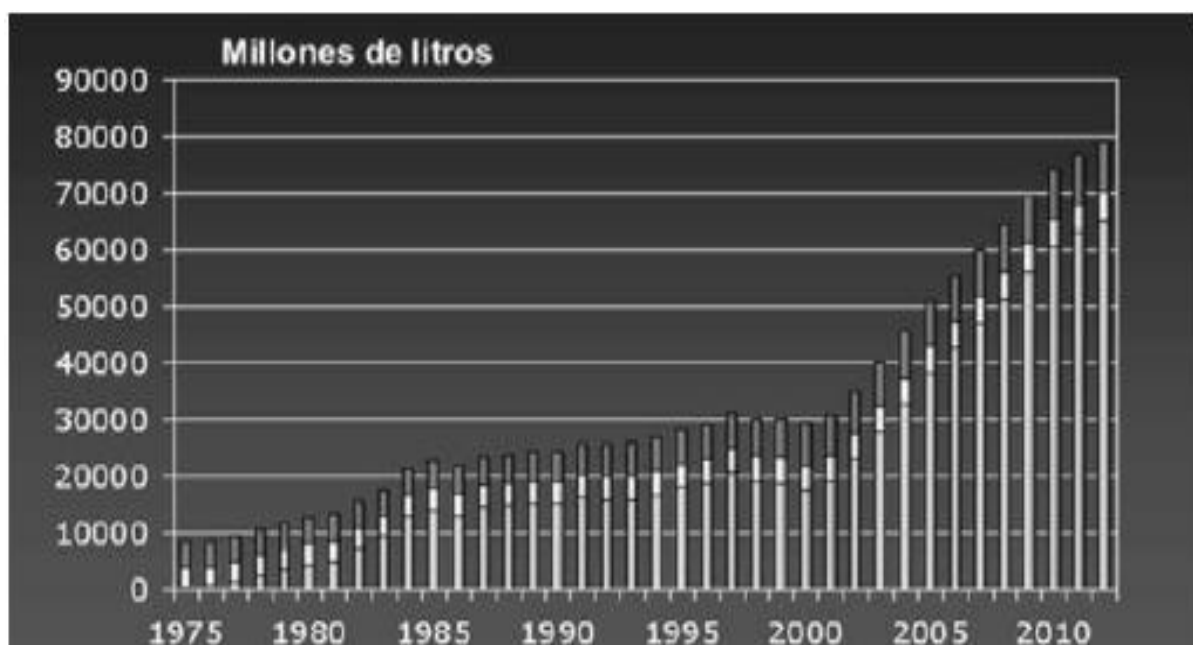
La producción de etanol a partir de maíz ha sido refinada y actualizada en años recientes, ganando en eficacia. Esta se realiza por dos procesos convencionales de molienda en húmedo y en seco. Esta última, ha sido modificada con el objetivo de aumentar el valor y la calidad del coproductor. Existen tres procesos de modificación de la molienda seca; Quick Germ (recupera el germen), Quick Germ and Quick Fiber (extrae el germen y la fibra) y la Enzymatic Milling (recupera el germen, la fibra del pericarpio y la fibra del endospermo). El beneficio de estos procesos es la eliminación de material no fermentable, incrementando la capacidad de producción de etanol. (Singh 2004)

El desarrollo de la investigación en el área de los biocombustibles ha sido muy notable, lo cual se refleja en los importantes avances tecnológicos incentivados por los gobiernos de distintos países. Así vemos que ahora la industria del etanol ya no se limita a unos pocos países (Brasil, Japón y los estados unidos) sino que está cobrando importancia también en otras partes del mundo, sobre todo en unión Europa, china, la india y Tailandia.

El etanol hoy en día ya es un producto mundialmente consolidado para su uso como combustible, bien como mezcla con gasolina o bien como combustible en motores de ignición por chispa. Por eso es considerado como una de las opciones más viables para sustituir a la gasolina y colaborar en la reducción del uso de combustible fósiles. El incremento de la utilización de etanol derivado sobre todo de plantas feculentas y azucareras, trae consigo la creación de una demanda importante de productos agrícolas relacionados con la energía y, por ende, influye en el comportamiento de

los mercados de productos básicos. La producción mundial de etanol ha aumentado en un 53 por ciento, al pasar de 30 mil millones de litros en 2000 hasta alrededor de 46 mil millones de litros en 2005. Se esperaba que, en el 2010, el consumo mundial de etanol alcanzaría los 54 mil millones de litros, correspondientes a alrededor de uno por ciento del consumo mundial de petróleo y según las estimaciones del consejo mundial de la energía realizadas en 2005, en 2010 la producción supero los 70 mil millones de litros. (Singh 2004)

**Grafica 2. Producción mundial de etanol (1976-2012)**



Fuente: instituto de planteamiento estratégico, [www. Agenciaestrategia.com.ar](http://www.Agenciaestrategia.com.ar)

Como se puede observar en el siguiente cuadro, para 2005 la producción mundial de Etanol ascendió a 11,457 millones de galones, equivalentes 43 mil millones de litros lo que represento 9.31 % en comparación con el año anterior.

### Cuadro 5. Producción Mundial de Etanol

(Millones de galones, de todos los granos de Etanol)

País	2004	2005	variación 2005/2004
Brasil	3989	4227	6
Estados Unidos	3535	4264	20.6
China	964	1004	4.1
India	462	449	-2.8
Francia	219	240	9.6
Rusia	198	198	0
España	79	93	17.7
Ucrania	66	65	-1.5
Argentina	42	44	4.8
Italia	40	40	0
Australia	33	33	0
Japón	31	30	-3.2
Guatemala	17	17	0
Ecuador	12	14	16.7
México	9	12	33.3
Nicaragua	8	7	-12.5
Isla Mauricio	6	3	-50
Kenia	3	4	33.3
Suiza	3	3	0
Otros	338	710	110.1
<b>Total</b>	<b>10054</b>	<b>11457</b>	<b>9.31</b>

Fuente: U.S. International Trade Association. Enero 2007

#### 2.1. Proceso de producción de etanol a base de maíz

Para la producción de bioetanol a partir de maíz hay dos procesos principales: la molienda en seco y la molienda en húmeda.

La molienda húmeda es un proceso donde el grano de maíz se debe separar en sus componentes con la ventaja que se obtienen subproductos de mayor valor agregado.

En la molienda húmeda solamente el almidón se fermenta, mientras que en la molienda seca se fermenta el puré entero.

Hay dos subproductos principales del proceso: el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y los granos destilados (DDGS). El anhídrido carbónico se limpia. Se comprime y se vende para ser usado como gasificante de las bebidas o para congelar carne.

A continuación, se describen los distintos procesos para la obtención de alcohol etílico

Molienda en húmedo:

- Recepción y limpieza: la materia prima se recibe y se analiza el contenido de humedad, presencia de mohos y apariencia general. Si cumple con los controles estándar de calidad se envía a un sistema de limpieza y posterior almacenamiento.
- Maceración del grano: el grano se remoja en tanques por 30-50 horas a temperaturas de 49-54 °C en agua que contiene del 0,1 al 0,2 % de dióxido de azufre, este ayuda a separar el almidón y la proteína soluble y permite prevenir el crecimiento de microorganismos no deseados manteniendo el pH cerca de 4.

En el agua de remojo se disuelve un 6% de materia seca utilizable en la alimentación de ganados.

- Molienda gruesa: se muele el grano ablandado en un molino de fricción y se libera el germen sin fragmentarlo, el cual se separa del resto del grano con hidrociclón, se lava para quitarle el almidón adherido y se deseca para la posterior producción de aceite.
- Molienda fina: el material restante se muele con molinos de impacto. Con el objetivo de separar el almidón y las proteínas de la fibra. La fibra (salvado) se elimina por tamizado y se lava para quitar el almidón adherido, se escurre (con presión) y se deseca para su utilización como alimento animal.
- Separación del gluten y almidón: la mezcla almidón-proteínas (gluten) se separa mediante centrifugas continuas. El gluten con un 60 -70% de proteína es centrifugado y secado. Este es utilizado como alimento animal.

El almidón es purificado por re centrifugación para reducir el contenido de proteínas a menos de 0.3 %. Este puede ser enviado a la etapa de hidrólisis o secado y modificado químicamente para su venta.

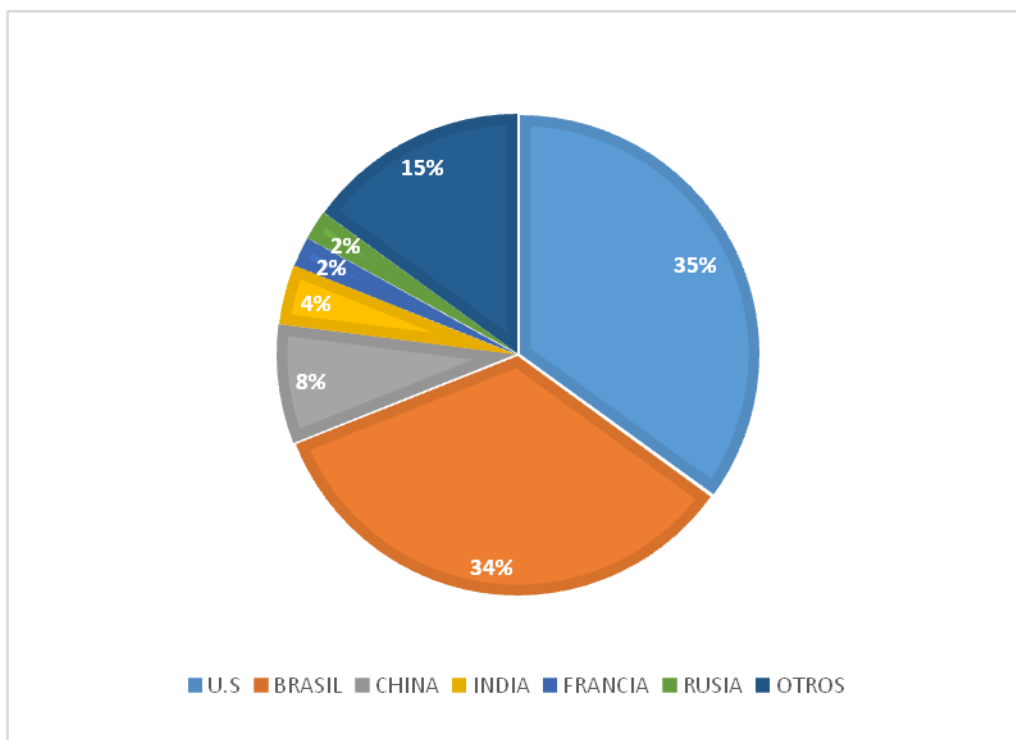
- Licuefacción: el almidón mezclado con agua de proceso y enzimas (alfa-amilasa), es calentado para permitir la licuefacción a 83 °C. Posteriormente se agregan componentes químicos (nutrientes y regulación de pH) y se esteriliza a 110 °C.
- Sacarificación: la solución es enfriada a 60 °C tras el agregado de otra enzima (glucoamilasa) que convierte las moléculas de almidón en azúcares simples.
- Fermentación: al mosto enfriado a 35 °C se le adiciona levadura (*Saccharomyces cerevisiae*). Esta mezcla es fermentada por 2 días donde los azúcares simples son convertidos en etanol y dióxido de carbono.
- Recuperación de la levadura: el producto de la fermentación se pasa a través de una centrifuga donde se separa la levadura del resto. Esta es concentrada y tratada con ácido para eliminar las bacterias con el objetivo de ser reutilizada.
- Destilación: el mosto, en una primera etapa, es concentrado hasta un 50-70%. Luego es enviado a una columna de purificación donde se separa por cabeza las impurezas (aldehídos y algunos esteres) y por la parte inferior un líquido residual que es conducido a la columna de rectificación. En esta se obtiene los aceites de fusel constituidos por ácidos y alcoholes superiores y el etanol azeotrópico.
- Almacenamiento: el alcohol se condensa y se envía a tanque de almacenamiento.

## **2.2. Principales Países productores de Bioetanol**

El etanol, cuya producción encabezan Estados Unidos y Brasil, es producido principalmente a base de maíz y caña de azúcar, el biodiesel en cambio, se obtiene, en su mayor parte, de cultivos oleaginosos como colza, soya, girasol. Por su parte, la Unión Europea lidera la producción de etanol de remolacha.

De acuerdo con las estadísticas internacionales, Estados Unidos y Brasil, encabezan la lista de principales países productores a nivel mundial y que de manera conjunta generación el 69% de la producción mundial total de 2005.

**Grafica 3. Principales países Productores de Etanol a Nivel Mundial en 2005**



Fuente: U.S International Trade Association, Enero 2007

Se estima que el incremento de la demanda de etanol se ira acelerando a mediano plazo, a medida que otros países comiencen a cumplir con los límites impuestos por el protocolo de Kyoto sobre las emisiones de gas de invernadero; lo cual ya se está viendo con las nuevas inversiones destinadas a aumentar la producción de etanol en diversos países del Lejano Oriente asiático, Australia y Europa. En los Estados Unidos la producción de etanol a partir de maíz, principalmente, continuara con una tendencia alcista impulsada por los altos precios del petróleo crudo que se han venido registrando, los relativamente bajos precios del maíz comparación con los de los petróleos y un fuerte apoyo del gobierno.

### **2.3. Producción de Biocombustibles en Estados Unidos**

La experiencia de los Estados Unidos en la producción de biocombustibles con maíz ha sido muy exitosa. La producción de etanol se disparó a partir de la ley de Aire limpio (Clean Air Act), promulgada en 1990, así como las legislaciones estatales que restringen o prohíben el uso del Metil Tri Butil Eter (MTBE) publicadas en el año



antes mencionado. La industria del etanol en este país produjo de 3.400 millones de galones en 2004; 2800 millones galones en 2003 y 2,130 en 2002.

Aunque esta cifra es aun pequeña en comparación con el consumo de combustible fósil utilizado para el transporte. A medida que los estados continúan prohibiendo el uso de MTBE, la demanda del etanol como añadido de la gasolina es creciente, por lo que continúan los esfuerzos para aumentar la producción de dicho combustible y resolver el aumento en la demanda, misma que se expandió de 2,085 millones de galones en 2002, a 4,049 millones de galones en 2005; es decir un incremento del 94% en ese periodo. La cantidad que importa es de tan solo 135 millones de galones, siendo una cantidad pequeña en relación con la demanda, ya que solo representa el 3% del total.

**Cuadro 6. Balance Producción – Consumo En U.S.A.**

	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Producción	2,130	2,800	3,535	4,264
Importaciones	46	61	161	135
Exportaciones	n/d	n/d	n/d	8
<b>Demanda</b>	<b>2,085</b>	<b>2,900</b>	<b>3,530</b>	<b>4,049</b>

Fuente: U.S. International Trade Association, Enero 2007.

#### **2.4. Características generales de los biocombustibles (Bioetanol)**

Los biocombustibles surgen en el mercado mundial muy ligados a la resolución de problemas ambientales y de ahí que su promoción se fundamenta en varios argumentos sobre reducción de la contaminación, más tarde pasa a tener importancia razones de estrategia nacional en el suministro y de aseguramiento de productos energéticos (Hilbert, 2008).

En general, los conceptos sobre biocombustibles coinciden en que estos son producidos a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial, desechos orgánicos o cualquier forma de biomasa (Hernández, 2008).

Los biocombustibles se utilizan, mayoritariamente, en el sector del transporte como:

- Biodiesel: producido a partir de la reacción de los aceites vegetales (palma africana, soya, higuera, jatropha curcas, colza y otras plantas) o grasas animales con alcohol.
- Bioetanol: se produce a partir de la fermentación de materia orgánica con biomasa proveniente de cultivos (Caña de azúcar, maíz, sorgo, yuca y otros).
- Biogás: es un gas compuesto principalmente por metano, formado por la degradación de materia orgánica (Torres y Carrera, 2010; IICA, 2007b).

## **2.5. Producción de los biocombustibles**

La producción de bioetanol ha aumentado significativamente, pasando de menos de 20.000 millones de litros al año en el 2000 hasta 90.000 millones en 2009. La mayor parte de este crecimiento se ha registrado principalmente en Estados Unidos, Brasil y Alemania que aglutinan más de las tres cuartas partes de la producción de bioetanol (Torres y Carrera, 2010).

El potencial energético a partir de biomasa en ALC (América Latina y el Caribe) para el año 2050 haciendo uso de las tierras agrícolas se estima que puede variar entre 47 y 221 exajulios (EJ)5 por año, dependiendo del sistema de producción, cifras que representan entre 11 y 51% del consumo mundial de energía primaria en el 2003 (CEPAL, 2008b).

Brasil actualmente produce y consume la mayor parte del bioetanol producido en ALC, con una participación de más del 90% del total. Aun con un aumento proyectado del consumo en otros países (especialmente Colombia y México) en el año 2015, este país todavía será responsable por más del 80% del consumo total de bioetanol en la región de ALC (IICA, 2010). Se considera que en un periodo de 15 años entre el 2015-2030 se sustituirá parcial y progresivamente los carburantes fósiles por biocombustibles (Gazzoni, 2009).

El hecho de que los biocombustibles sean más caros de producir que los combustibles convencionales hace que el sector necesite del respaldo gubernamental para su desarrollo y competitividad en costes con respecto a los combustibles derivados del petróleo (Merino y Nonay, 2009).

Amador (2007) menciona que la rentabilidad de los biocombustibles a corto plazo está en función de varios factores como por ejemplo el precio de los insumos y del combustible, la tecnología necesaria para la producción y, del aprovechamiento de residuos, subsidios y aranceles.

Existe una gran presión sobre los precios de los biocombustibles para hacerlos competitivos frente a los combustibles fósiles, extendiéndola a los costos de producción de los insumos agrícolas, los cuales suelen presentar entre un 70-80 % del costo total del biocombustible (CEPAL, 2008b).

## **2.6. Rentabilidad de los biocombustibles**

Los biocarburantes pertenecen a un sector altamente dependiente de exenciones de impuestos porque económicamente son menos rentables que los combustibles fósiles, por lo que es un sector totalmente vinculado a las iniciativas políticas de fomento de seguridad energética y de la protección medioambiental (Castillo y Lozano, 2009).

## CAPITULO III

### LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL EN MÉXICO

La producción de energía primaria en México está altamente concentrada en los hidrocarburos, del total de la energía producida, más de 90% está basada en los hidrocarburos, dividida de la siguiente manera: petróleo crudo 72%; gas asociado 11.5%; gas no asociado 5.5%; condensado 1.7% (Ver cuadro No 7)

**Cuadro 7. Producción de energía primaria en México**

Energía	Participación
Carbón	1.9
Hidrocarburos	90.6
Petróleo crudo	71.9
Condensados	1.7
gas no asociado	5.5
gas asociado	11.5
electricidad primaria	4.1
Nucleoenergía	1
Hidroenergía	2.5
Geo energía	0.6
Energía Eólica	n.s
Biomasa	3.4
Bagazo de caña	0.9
Leña	2.5
Total	100

Fuente: Masera Cerutti O.y Prehn Junquera M. (2006)

México es un país exportador neto de energía primaria, fundamentalmente por el volumen de exportaciones petroleras. No sucede lo mismo en energía secundaria, ya que tenemos un saldo negativo por las altas importaciones de gas licuado, gas natural, coque de petróleo, coque de carbón, pero fundamentalmente por gasolinas y naftas.

En México, desde hace varios años, se produce etanol de caña de azúcar en los diferentes ingenios del país que cuentan con destilerías, solo que su uso es para bebidas embriagantes e industriales, no para uso comestible. Se produce. Principalmente, de malezas de caña de azúcar y con una tecnología tradicional y bastante conocida.

No obstante, de contar con capacidad instalada para producir mayor cantidad, los ingenios del país no la utilizan, dado que la demanda es limitada y que el insumo es cíclico. En promedio, la capacidad utilizada es de 44% respecto a la capacidad instalada; además es relativamente fácil hacer adecuaciones para ampliar esa capacidad.

### **3.1. Costos de producción**

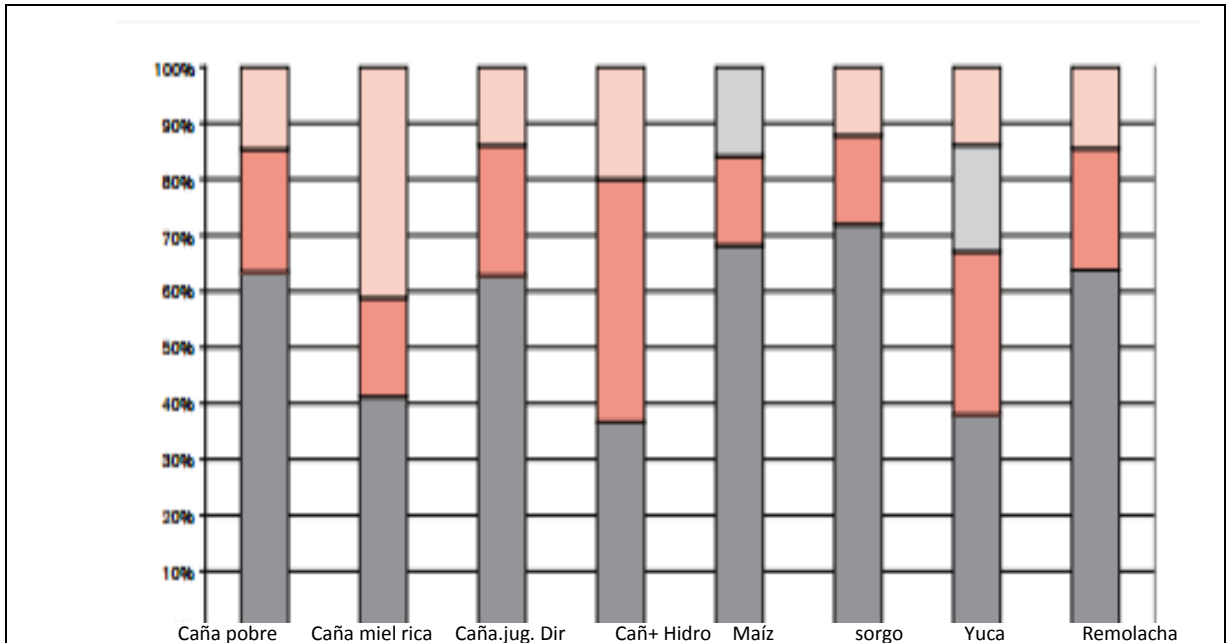
Obtener los costos de producción siempre ha sido una cuestión complicada, dada la cantidad de factores que hay que tomar en cuenta. Además de los costos fijos y variables normales, hay que estimar el costo de oportunidad y el impacto de las variables macroeconómicas en el sector. En el caso que nos ocupa, se agrega el hecho de que el etanol carburante es una actividad nueva en México, donde concurren costos agrícolas, de transporte de materias primas, inversión, transformación, almacenamiento, distribución, y comercialización, entre otros. Tomaremos los costos obtenidos del estudio realizado por la Secretaria de Energía (Sener), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ).<sup>3</sup> En la parte de los insumos el estudio hace el análisis de cinco cultivos: caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo y remolacha azucarera. En la parte de la transformación, consideró tecnologías disponibles y maduras. Se incluyó el valor anualizado de las inversiones a una tasa de descuento de 12%, una vida económica de 10 años y costos de operación y mantenimiento

**Cuadro 8. Costo de producción de etanol en México 2006**

Concepto/Cultivo	Caña miel pobre		caña miel rica		Caña jugo directo		Caña jugo+ hidrolisis		maíz vía seca		sorgo		yuca		remolacha	
	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%	dll/litro	%
Materias Primas	0.26	62	0.21	40	0.27	63	0.22	37	0.3	68	0.59	72	0.3	38	0.44	64
Inversiones	0.09	23	0.09	17	0.1	23	0.26	43	0.07	16	0.13	16	0.23	29	0.15	22
Energía	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	16	0	0	0.15	19	0	0
Otros	0.06	15	0.21	43	0.06	14	0.12	20	0	0	0.1	12	0.11	14	0.1	14
Total	0.41	100	0.51	100	0.43	100	0.6	100	0.44	100	0.82	100	0.79	100	0.69	100

Fuente: elaboración propia en base a Horta Nogueira Luis agosto; producción de etanol en México 2006.

**Grafica 4. Estructura de costos de la producción de Etanol**



Fuente: elaboración propia en base a Luis agosto Horta. Producción de etanol en México

De los datos anteriores se deduce que la materia prima agrícola y el método a partir del cual se decida obtener etanol, determinan mayormente el costo principal. En este ejercicio, al utilizar los cultivos ya señalados y combinándolos con las distintas tecnologías disponibles y los diversos métodos conocidos, la caña de azúcar miel pobre representa 65% del costo total; la caña de azúcar miel rica, 40%; la caña jugo directo, 63%; la caña jugo más hidrólisis, 37%; el maíz vía seca, 68%; el sorgo, 72%; la yuca, 38%; y la remolacha, 64 por ciento. Haciendo el análisis con las tecnologías convencionales y pensando solamente en caña de azúcar y maíz, dado que los otros cultivos (yuca, sorgo y remolacha) no son comúnmente manejados en México, los costos totales se moverían en un rango de 40 a 60 centavos de dólar por litro producido. Inclusive, en caso del maíz, en el que el modelo supuso un precio por debajo del mercado y un rendimiento superior a la media nacional (120 dólares por tonelada y 10 toneladas por hectárea), el costo total fue de 44 centavos de dólar por litro (molienda en seco), costo superior al de Estados Unidos que promedia 34 centavos de dólar por litro. Al aumentar el precio del maíz a una cantidad más realista, 200 dólares por tonelada, por ejemplo, y bajar la productividad a niveles del

promedio nacional, el costo total de producir etanol, a partir del maíz, se eleva considerablemente, pudiendo llegar a 60 centavos de dólar por litro.

Esto nos hace visualizar que la posibilidad de producir etanol a partir del maíz, debe revisarse con sumo cuidado para México, ya que, además de ser deficitario en ese grano, el precio internacional muestra inestabilidad al alza, provocados, en parte, por el desvío de un mayor volumen de maíz hacia la producción de etanol en Estados Unidos. Ese país está produciendo etanol a base de maíz, fundamentalmente por las siguientes cuatro razones: Primero, es un país superavitario en la producción de maíz, y, por tanto, exportador neto de ese grano, mientras México es deficitario en el mismo renglón. Segundo, la productividad promedio del cultivo es mayor, mientras Estados Unidos observa valores de 10 toneladas por hectárea, México obtiene 3 toneladas por hectárea (nacional). Tercero, tiene costos de producción menores que México. Y cuarto, los apoyos y subsidios en Estados Unidos al cultivo de maíz son mayores que en México.

En el caso de la caña de azúcar, México también tendría que irse despacio, ya que existen fuertes distorsiones en el mercado de la caña debido, a los problemas estructurales del sector, y por los fuertes problemas de productividad por hectárea. No hay que olvidar que existe un superávit de azúcar en México, y que es una fuerte razón por la cual no se ha incrementado la superficie sembrada de ese cultivo. Actualmente, se cultivan, aproximadamente, 613 mil hectáreas, con una productividad media de 77 toneladas por hectárea. Aquí, el reto es elevar la productividad masificando el uso de tecnología y mejoramiento de variedades, negociando nuevos esquemas con los productores cañeros, para que, paulatinamente, vayan mejorando su rentabilidad y puedan capitalizar sus unidades productivas. En el eslabón de la industria, utilizando las tecnologías disponibles y conocidas para la producción de etanol, y cruzándolas con los cinco cultivos analizados, se obtuvieron los rendimientos de transformación indicados en la gráfica 2, en la cual se concluye que la mayor productividad para producir etanol lo genera la caña de azúcar, enseguida la remolacha y después el maíz. (Augusto, 2006)



**Cuadro 9. Producción de alcohol etílico (etanol), en México  
1989-2002**

<b>Años</b>	<b>Producción</b>	<b>Variación</b>
<b>1989</b>	68,237,631	
<b>1990</b>	62,365,430	-8.61
<b>1991</b>	69,024,958	10.68
<b>1992</b>	70,991,776	2.85
<b>1993</b>	68,313,800	-3.77
<b>1994</b>	59,078,916	-13.52
<b>1995</b>	56,252,873	-4.78
<b>1996</b>	49,082,607	-12.75
<b>1997</b>	53,231,609	8.45
<b>1998</b>	53,125,021	-0.2
<b>1999</b>	56,245,033	5.87
<b>2000</b>	67,050,234	19.21
<b>2001</b>	61,626,192	-8.09
<b>2002</b>	46,744,002	

Fuente: Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas públicas 1989-2002

### **3.2. Situación de los biocombustibles en México.**

El congreso de la unión aprobó y puso en vigor la ley para el desarrollo y promoción de las bioenergéticas, la cual está enfocada fundamentalmente hacia el bioetanol. Establece que las materias primas como el maíz y la caña de azúcar podrán emplearse como insumos para la producción de biocombustibles, siempre y cuando existan excedentes en la producción. En el caso del maíz, México es deficitario y en el caso de la caña no hay infraestructura para la producción de bioetanol. Sin embargo, existen grandes oportunidades de aprovechar esta ley, que ha dado lugar a programas como de introducción de los bioenergéticos y de los insumos para la producción de las bioenergéticas, así como para cultivos que no compitan directamente con la producción de alimentos. Lo mismo sucede con las oleaginosas, donde nuestro país importa el 90% del aceite para su consumo no energético.

México produce 45 millones de litros de bioetanol al año, pero consume 164 millones. El resultado es la importación de más de 100 millones de litros de bioetanol que no se usa como combustible sino en la industria química. Con el auge del bioetanol en Estados Unidos, han surgido varios proyectos en nuestro país a partir de la caña de

azúcar en Veracruz y el maíz amarillo en la barra Jalisco y Sinaloa. Así mismo. En México se consumieron en 2004, 100 millones de litros por día de gasolina. De acuerdo con proyecciones oficiales, para el año 2014 se esperaba un consumo de 136 millones de litros por día de gasolinas, de los cuales la mitad son importados.

Si se pretendiera obtener mezclas al 6% etanol-gasolina, se requeriría una producción anual de bioetanol de 2,000 millones de litros. Solo considerando las zonas metropolitanas de México, Guadalajara y Monterrey, la cantidad anual de bioetanol requerido es de 600 millones de litros. Para producirlos se requiere 14.3 millones de toneladas de maíz amarillo, o una combinación de ambos, esto implica el cultivo de 160 mil hectáreas de caña o 750 mil hectáreas de maíz amarillo de temporal, o 187 mil hectáreas de maíz amarillo de riego.

Actualmente se siembran 800 mil hectáreas de caña de azúcar para producir 5 millones de toneladas de azúcar y 45 millones de litros de bioetanol para usos tradicionales.

En nuestro país ya existe la primera planta piloto con fines comerciales desarrollada por el instituto tecnológico y de estudios superiores de monterrey (ITESM) Campus Monterrey, en colaboración con la empresa Grupo Energéticos. El biodiesel es elaborado a base de cebo de res, metanol y sosa caustica. Esta planta produce mensualmente de 300 a 500 mil litros de biodiesel en su etapa de arranque y la intención es comercializarlo para el transporte urbano de la ciudad de monterrey. La planta puede producir más de 1 millón de litros de biodiesel mensuales. Desde 2002, la secretaria de energía dio su visto bueno al proyecto y preciso que por tratarse de un combustible de origen vegetal o animal, el biodiesel no tiene restricciones legales para su explotación y su valor comercial se estima menor al diésel derivado de petróleo.

### **3.3. Aspectos económicos de la producción de bioetanol a partir de maíz.**

Haciendo un análisis económico de la producción de bioetanol a partir de maíz, se observa que el costo de la materia prima representa más del 65% de los costos de producción por litro de bioetanol, tal y como se muestra en la siguiente tabla. El ejercicio que se resume en dicha tabla corresponde a un escenario en que se pretendía producir el bioetanol para sustituir el 10.5% del consumo de gasolina en

nuestro país para el año 2014, la sería importada, ya que no será posible su producción en el país. Como se puede observar, en el año de referencia (2014), se requerían inversiones del orden de los 2,300 millones de dólares y una superficie sembrada con maíz de 1.2 millones de hectáreas, con rendimientos de 6 toneladas de maíz por hectárea.

**Cuadro 10. Análisis de costos en la producción de Etanol a partir de Maíz (2014)**

Biocombustible	Producción millones 1/d 10.5% del consumo año 2014	Producción anual Millones de 1/año	Rendimiento 1/ha	Has requeridas/Año	Inversión Millones de dólares
	18.5	6,775	4,520	1,498,893	2,950
Bioetanol de Maíz	Costo del litro por Inversión SUSD/litro	Costo del litro por operación y mantenimiento SUSD/litro	Costo del litro por materia prima (CLMP) SUSD/litro	Costo del litro SUSD/litro	Costo del litro con venta DDGS SUSD/litro
	0.0565	0.0955	0.2898	0.4418	0.4062
%	12.8	21.6	65.6	100	g**

Fuente: elaboración propia. Producción de etanol 2014.

### 3.4. Beneficios ambientales y energéticos del bioetanol

El beneficio derivado del uso de los biocombustibles en general se refiere a la mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ya que teóricamente, la producción de biocombustibles absorbe el CO<sub>2</sub> que emite cuando es quemado, situación que no ocurre con los derivados del petróleo. Existen una serie de ventajas y desventajas del empleo de los biocombustibles en general y del bioetanol en particular, y a continuación se enumeran algunas de ellas.

#### Ventajas

- El bioetanol puede ser producido a partir cultivos y residuos celulósicos
- Es un combustible líquido y puede ser manejado como gasolina.
- Produce menos bióxido de carbono al quemarse que la gasolina.
- Genera menores emisiones de monóxido de carbono.
- Es menor inflamable que la gasolina
- Se reducen significativamente las emisiones de monóxido de carbono.

## **Desventajas**

- Tiene menor densidad de energía que la gasolina; el conductor debe de llenar el tanque con más frecuencia.
- Modificación de motores para evitar problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos.
- Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógenos y aldehídos.
- No se genera en nuestro país para su empleo como combustible.

Dependiendo de la materia prima, incluido el maíz, el balance energético de la producción de bioetanol es favorable, es decir, que se obtiene más energía de la que se invierte.

### **3.5. Normas de calidad y regulación en la producción o comercialización del etanol en México.**

#### **3.5.1. Desarrollo de los biocombustibles en México**

Considerando los biocombustibles como una oportunidad de desarrollo sustentable, el gobierno mexicano se ha enfocado principalmente en la producción de biocombustibles líquidos tales como el etanol y el biodiesel. El etanol se produce a partir de los azúcares y almidones que se encuentran en los vegetales, tales como, la remolacha azucarera, la caña de azúcar y el maíz, entre otros. Por su parte, el biodiesel se obtiene a partir de las grasas animales o vegetales que se encuentran en el girasol y la soya, entre otros.

#### **3.5.2. Beneficios derivados del desarrollo de los biocombustibles**

El desarrollo de los biocombustibles ofrece varios beneficios, ya sean económicos o ambientales, a continuación, presentamos algunos de ellos:

- Fomento de la seguridad energética ante el futuro agotamiento del petróleo.
- Ahorro de combustibles fósiles y reducción en la importación de dichos combustibles
- Reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera y gases de efecto invernadero.
- Desarrollo de las zonas rurales y generación de empleos.

### **3.5.3. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos**

Esta Ley crea la Comisión de Bioenergéticos, integrada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa); Secretaría de Energía (Sener); Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales (Semernat); Secretaría de Economía (SE); y Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), a quienes se le da amplias facultades para establecer la estrategia nacional de la promoción y desarrollo de los bioenergéticos, requiriendo escuchar la opinión de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable, en lo relativo a la producción y comercialización de insumos.

De las facultades específicas que se otorgan por dependencia, destacan las de la Sagarpa a la que se le obliga a elaborar un programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico. Además de ser la responsable de expedir los permisos para la producción de bioenergéticos a partir del maíz, señalando que se otorgarán “solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional”.

En México somos deficitarios en la producción de maíz, anualmente importamos una cantidad que varía entre 6 y 8 millones de toneladas, por lo que si aplicamos este artículo a pie juntillas, no se podría producir etanol de maíz en nuestro país.

En el caso de la Sener, destacan también dos atribuciones: elaborar un programa de introducción de bioenergéticos y “otorgar y revocar permisos para la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticos”.

En términos generales, la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, aunque perfectible, viene a establecer las bases legales que permitirán el desarrollo de este importante sector, sobre todo, buscando proteger a los productores de insumos y cuidando que “no salga más caro el remedio que la enfermedad”.

Producir bioenergéticos, sin duda, es un elemento positivo, pero tiene que adoptarse como una estrategia nacional, con acciones e instrumentos específicos, que

impacten en toda la cadena productiva, teniendo como centro nodal el desarrollo científico y tecnológico, que permita aprender del camino ya recorrido por Brasil y Estados Unidos, entre otras naciones.

El futuro de los bioenergéticos en México no debe limitarse a los productos tradicionales, como el maíz y la caña de azúcar, sino explorar con otras biomásas que permitan despresurizar la polémica alimentos versus etanol.

#### **3.5.4. Programa de producción sustentable de insumos para bioenergéticos y de desarrollo científico y tecnológico (Proinbios)**

Este programa fue elaborado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa), y tiene como objetivo general “fomentar la producción de insumos para bioenergéticos y su comercialización, aumentando la competitividad y mayor rentabilidad del campo mexicano, prioritariamente en zonas de alta y muy alta marginalidad, por medio del desarrollo científico y tecnológico, bajo criterios de sustentabilidad, el uso de paquetes integrales de tecnificación y promover asociaciones empresariales, que den como resultado empleo rural estable y bien remunerado, y coadyuven a la transformación del entorno rural y agrícola de México.

El programa plantea desarrollar los bioenergéticos a través de numerosas acciones específicas, de las cuales sólo se destacan algunas de las más importantes por su peso y trascendencia. La meta principal era producir 3 mil 400 barriles diarios de etanol para el año 2010, mismos que se consumirían en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara. Se considera que la demanda de gasolinas en esta zona sería de 55 mil 200 barriles diarios, por lo que se necesitarían 3 mil 400 barriles diarios de etanol (200 millones de litros al año) para oxigenarlas 2% en peso.

Para producir esa cantidad de etanol se requieren 3 millones de toneladas de biomasa, misma que puede ser de caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha o una combinación de todas ellas. ¿De donde saldrá esta cantidad de biomasa? Fue la pregunta que se planteó. El Estado de Jalisco tenía una superficie sembrada de 65 mil hectáreas de caña de azúcar, 43 mil de sorgo dulce y 52 mil de remolacha, y una gran parte de esos cultivos tienen un alto potencial productivo y se concentran

alrededor de los ingenios de Tamazula, Bellavista, Ameca, José María Morelos, Tala y Melchor Ocampo.

Otra meta importante, consistió en llevar a cabo una prueba piloto. Se está contemplando, de forma correcta, que para introducir los biocombustibles en México se requieren datos más precisos sobre los efectos de éste sobre la producción de insumos, transformación, tecnologías utilizadas, adaptaciones al sistema de almacenamiento y reparto de Pemex, balances netos ambientales, económicos y energéticos, entre otros.

La prueba piloto fue diseñada para introducir etanol anhidro en dos estaciones de servicio durante un período de 42 días, en un lote de 16 mil barriles de gasolina base magna.

Se estableció para tal efecto la Refinería de Salamanca, Guanajuato, una de las dos Terminales de Almacenamiento y Reparto (TAR) de Guadalajara (El Castillo o Zapopan) y dos tanques de 8 mil barriles cada uno. La gasolina base se mezclaría con 3 mil 500 litros diarios de etanol, para ser enviada a las dos estaciones de servicio, y que posteriormente se comercializará a razón de 60 mil litros diarios. El abasto de etanol debería hacerse por medio de autotanques, estimando que cada cinco días se entregaría etanol a la TAR, para mantener un inventario de 20 mil litros. Pemex requeriría, adicionalmente, instalar un Paquete de Almacenamiento y Dosificación de Etanol Anhidro (PADE), así como algunos ajustes al interior de la refinería. El costo total estimado de la prueba piloto fue de 400 mil dólares, y tendrá verificativo a finales de 2018.

En la visión de las autoridades competentes, plasmada en el Proinbios, no se contempla la producción de etanol a partir del maíz, en primer lugar, porque somos deficitarios en dicho grano, además de que la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos lo prohíbe cuando eso sucede; en segundo lugar, porque los análisis realizados sobre la materia (Sener-BID-GTZ) revelaron una viabilidad menor para el maíz, en comparación con la caña de azúcar y la remolacha.

En México existen varios cultivos a partir de los cuales se puede hacer biocombustibles líquidos, sólo que algunos son más viables técnica, ambiental y

económicamente. El programa plantea el etanol a partir de la caña de azúcar, sorgo dulce y remolacha; y el biodiesel a partir de jatropha, palma de aceite e higuerilla.

Se considera que si se desea oxigenar el total de gasolinas 2% de peso en las tres principales zonas metropolitanas del país; Monterrey, Guadalajara y Valle de México, se requieren 13.2 millones de toneladas de biomasa para producir 880 millones de litros por año, que sería la demanda total de etanol para el 2012.

#### **3.5.5. La producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz.**

Por lo que hace al permiso para la producción de bioenergéticos a partir del grano de maíz, la autoridad competente es la SAGARPA, la cual expide dicho permiso solamente cuando existan inventarios excedentes de producción interna de maíz para satisfacer el consumo nacional. La SAGARPA resuelve en el término de quince días hábiles sobre la procedencia de las solicitudes de permisos para la producción de bioenergéticos a partir del maíz y los permisos que otorga tienen una vigencia de un año prorrogable. Ahora, en caso de uso de maíz importado para la producción de bioenergéticos sólo se requiere dar aviso a la SAGARPA.

#### **3.5.6. La producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticas.**

Respecto de las actividades relacionadas con la producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución por ductos, así como la comercialización de bioenergéticas. La SENER es la autoridad encargada de otorgar y revocar los permisos para llevar a cabo dichas actividades. La SENER emite su resolución dentro de los veinte días hábiles siguientes al de la recepción de la solicitud y los permisos que otorga tienen una vigencia de 30 años prorrogables.

Por su parte, la SEMARNAT evalúa y en su caso autoriza en materia de impacto ambiental las instalaciones para las actividades arriba mencionadas. Así mismo vigila que no se realice el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola. Finalmente, cabe subrayar que sólo se mencionaron los principales permisos y avisos en la materia, lo cual deja vislumbrar la complejidad del proceso para llevar a cabo actividades de siembra de insumos para bioenergéticos y de producción de dichos energético.



### **3.5.7. Identificación de áreas de oportunidad**

Para aprovechar de las virtudes de los biocombustibles es necesario superar los grandes retos sociales y ambientales que traen con ellos los biocombustibles.

En efecto, los biocombustibles pueden constituir una amenaza para la seguridad alimenticia. En los países en vías de desarrollo los cultivos destinados a la producción de biocombustibles compiten con los destinados a la alimentación, lo cual puede contribuir al aumento de los precios de los alimentos y de las hambrunas.

Por otra parte, se tienen que resolver los conflictos potenciales entre la producción de bioenergéticos y la protección del medio ambiente. A menudo la producción de dichos energéticos implica un mayor uso de fertilizantes y pesticidas (lo cual afecta la calidad del agua y del suelo), así como un cambio de uso de suelo de forestal a agrícola (lo cual constituye una amenaza para la biodiversidad).

Por lo tanto, la producción de biocombustibles se tiene que enfocar en materias primas no alimenticias, tales como la *jatropha curca*.

A continuación, se identifican las principales áreas de oportunidad para el desarrollo de los biocombustibles en México.

- Reducir el costo elevado de la producción de los biocombustibles.
- Fomentar el desarrollo del capital humano.
- Impulsar la investigación y el desarrollo.
- Mejorar la información respecto de los biocombustibles y facilitar su acceso.
- Preservar los medios de subsistencia y el bienestar de los grupos más vulnerables, asegurando su seguridad alimenticia.
- Garantizar la protección del medio ambiente y en particular de la biodiversidad, así como de la calidad de los suelos y del agua.

## **CAPITULO IV.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El etanol hoy en día ya es un producto mundialmente consolidado para su uso como biocombustible, bien como mezcla de gasolina o bien como combustible en motores de ignición por chispa. Por eso se considera como una de las opciones más viables para sustituir a la gasolina y colaborar en la reducción del uso de combustibles fósiles.

El incremento de la utilización de etanol derivado sobre todo de plantas feculentas y azucareras, trae consigo la creación de una demanda importante de productos agrícolas relacionados con la energía y por ende, influye en el comportamiento de los mercados de productos básicos.

La producción de Bioetanol ha crecido ampliamente y su uso ha aumentado aceleradamente en los últimos años a nivel mundial, existiendo los primeros casos en nuestro país, donde debe consolidarse el marco regulatorio apropiado para impulsar su desarrollo de manera consistente y firme, como sucede en otros países tanto en desarrollo como; Argentina, Brasil, Colombia, India y Tailandia e industrializados como Estados Unidos, Europa, Japón y Australia.

El beneficio derivado del uso de los biocombustibles en general se refiere a la mitigación de gases de Efecto Invernadero (GEI), ya que teóricamente, la producción de biocombustibles absorbe el CO<sub>2</sub> que emite cuando es quemado.

En el caso de México se subraya la importancia que tiene la producción de maíz en diferentes actividades económicas, es decir, la producción de alimentos y la generación de energía; sin embargo, se considera que en el caso de México siempre será prioritaria la producción de alimentos.

Con base a lo anterior y con el fin de contribuir al desarrollo del sector rural en México, a través de la promoción de nuevas fuentes de empleo y por ende, elevar la calidad de vida de sus habitantes, es necesario plantear un plan que comprenda la aplicación de políticas agrícola y energética para optimizar los distintos papeles que tiene la agricultura y el maíz específicamente, como el sector que además de satisfacer las necesidades alimentarias de la población, también se convierta en un

importante generador de energía renovable, tanto para su propio uso como el de otros sectores económicos. Además de contribuir al desarrollo limpio, a la eliminación de emisiones nocivas y evitar la contaminación de ríos y mantos freáticos.

Por otro lado, aplicando los factores de éxito tanto de las empresas agro-exportadoras, como las recomendaciones de los compradores internacionales y superando las principales restricciones que pueden liberar el potencial agro-exportador, a continuación se establecen algunas de las principales recomendaciones ordenándolas en cinco campos: a) Asociatividad y economías de escala, b) estrategia de mercadeo y ventas, c) formalización de mercados, d) observancia de las regulaciones de mercado, y e) identificación de contactos comerciales.

A) Fomentar la asociatividad de los productores a lo largo de la cadena agro-productiva y las economías de escala en la producción de etanol. La mejor manera de obtener una oferta exportable competitiva, de calidad estandarizada y con volúmenes significativos, es lograr la asociación entre productores que permita superar sus principales restricciones y aprovechar el potencial que tiene el país frente a otros países competidores en los mercados internacionales. Esto permitirá además incursionar en: La tecnificación de los procesos productivos. Invertir en la gestión de la calidad y del ambiente. Invertir en la gestión de la información e infraestructura tecnológica. Desarrollar los recursos humanos, la capacitación y el entrenamiento. Especialmente de productores, técnicos y administrativos a nivel de empresas, buscando implementar una lógica empresarial y el aprovechamiento de oportunidades de mercados.

B) Diseñar e implementar una estrategia de mercadeo y ventas del etanol. Apropiarse del proceso de comercialización y exportación eliminando gradualmente la intermediación externa de estos procesos tiene el objetivo de obtener mayor participación en la cadena de valor e incrementar las exportaciones a los mercados externos. Lo anterior requiere de las siguientes acciones: Formular planes operativos de internacionalización. Desarrollo activo de planes y estrategias para exportar hacia países meta. Ofertar servicios de post venta. Ello implica la implementación de

planes de seguimiento y atención a clientes para garantizar la sostenibilidad del abasto del etanol. Identificar necesidades de mercado. Se trata de mercados dinámicos y en constante expansión e innovación, por lo que debe darse seguimiento y ahondar permanentemente en estos y otros mercados. Segmentar los mercados y seleccionarlos. Mantener constancia y cercanía con los clientes del etanol. Constante comunicación con los clientes redunda en oportunidades permanentes. Responder oportunamente, con pertinencia y despacho ágil del etanol. Acción altamente aconsejable para mantener una cartera sólida de compradores.

C). Mercados organizados y formales del etanol. Acción esencial para garantizar el desarrollo sostenible y la exportación con mayor valor agregado. Se trata de fomentar las relaciones comerciales y sobre bases predecibles y formales. En particular: Fomentar un mercado organizado para el etanol, aglutinando actores que permita ir construyendo clúster o conglomerados para la exportación. Fortalecer la capacitación de los agentes públicos y privados, preferentemente a nivel de clúster y aglomerados en los aspectos centrales de los procesos de agro exportación. Desarrollar infraestructura esencial para la agro exportación del etanol. Diversificar la oferta exportable y consolidar la oferta actual. Ofertar permanentemente etanol.

D) Observancia de las regulaciones de los mercados de destino del etanol. Son cada vez más exigente los mercados de destino en cuanto al cumplimiento estricto de las normas y regulaciones internacionales. Particularmente en las siguientes acciones: Cadena Agroindustrial –Etanol 20 Entender cómo opera la regulación de las autoridades en el mercado de destino. Cumplir con los estándares aplicados en los mercados internacionales de cada país. Usar empaques, etiquetas e información (adecuados a los requerimientos de cada país)

E) Contactos comerciales y de mercado del etanol.

Mantener una actividad permanente y dinámica de conocimiento e información de los mercados resulta ser una de las piezas claves en el éxito de la exportación. Las siguientes acciones coadyuvan a lograr un buen posicionamiento: Establecer un sistema de información de la cadena de etanol, incorporando inteligencia de mercados externos. Familiarizarse con los sistemas de mercadeo en cada uno de los países meta seleccionada. Contactar las dependencias oficiales del país importador

para obtener información directa. Elegir un importador idóneo en el mercado objetivo, para establecer alianzas que garanticen el incremento sostenido de las exportaciones del etanol.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albánese** Alejandro María, (2007) Etanol a partir del maíz instituto de Planeamiento Estratégico, Buenos Aires, Argentina. (Consultado 20 de octubre 2015)
- Aldrich** S.r Leng E.R (1974) Producción moderna de Maíz. Trad.Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Leguizamón. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.308 p. (Consultado: 6 de noviembre 2015)
- Ceesp** (2007) <http://www.ccpm.org.mx/avisos/ceespjuliobioenergeticos.pdf>
- Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (2007); “Evaluación de la situación de la Seguridad Alimentaria Mundial”, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (Consultado 7 de noviembre 2015)
- Definición** del Alcohol etílico, <http://scielo.isciii.es/pdf/medicor/v9n1/03.pdf>
- FAO (1991) el maíz en la nutrición humana (preparado por Bressani). Roma
- Gómez** Macías Isabel, (2001) programa de etanol de México; Secretaria de Promoción Económica, Gobierno del Estado de Jalisco.
- ICCT**, (2007) the international Council on Clean Transportation. Foro sobre biocombustibles, Ciudad de México.
- Luis** Augusto Horta Nogueira; (2006) Task 5: “Ethanol and ETBE production and end-uso en México.pdf
- Paliwar**, (2001) Antecedentes del cultivo de Maíz en México. (consultado 15 de octubre 2015)
- SAGARPA** (2011) perspectivas de largo plazo para el sector Agropecuario de México. (Consultado el 3 de Noviembre 2015)

- SAGARPA**(2012).[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/escenariobase/perspectivalp\\_11-20.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf) estacionalidad de la producción
- Saín**, Gustavo. (1997). Producción de maíz y políticas agrícolas en Centroamérica y México. San José, Costa Rica.: CIMMYT, PRN
- Sener** (2002) Balance Nacional de Energía. Secretaria de energía, México.
- SIACON-SIAP** volumen de la producción nacional de distintos cereales Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/>
- SIAP-SAGARPA**. Normatividad para integrar, validar, analizar y enviar estadísticas agrícolas mediante el módulo agrícola [http://www.siap.gob.mx/opt/estadistica/normatividad/Normatividad\\_agr\\_vigente.pdf](http://www.siap.gob.mx/opt/estadistica/normatividad/Normatividad_agr_vigente.pdf).
- USDA (2004)** Perspectivas de los mercados mundiales de maíz y soja, Análisis del IICA Argentina sobre datos, <http://www.iica.org.ar/Comunicados/Perspecma%EDz%20soja-2004.pdf>
- Werner** (1997) Antecedentes del cultivo de Maíz en México [www.jur dicas.unam.mx](http://www.jur dicas.unam.mx)