

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**



**LOS BIOCOMBUSTIBLES DEL MAÑANA**

**POR:**

**LUCERO ESCAMILLA LAGUNA**

**MONOGRAFÍA**

**Presentada como Requisito Parcial  
Para Obtener Título de:**

**Ingeniero Agrónomo en Irrigación**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Marzo, 2007**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
DIVISIÓN DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**LOS BIOCOMBUSTIBLES DEL MAÑANA**

**POR:**

**LUCERO ESCAMILLA LAGUNA**

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA**

---

**DR. MANUELA BOLIVAR DUARTE**  
Presidente

---

**DR. JAVIER DE J. CORTES BRACHO**  
CO - ASESOR

---

**ING. LUIS PEREZ ROMERO**  
CO- ASESOR

---

**DR. RAUL RODRÍGUEZ GARCIA**  
CORDINADOR DE INGENIERIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México de Marzo, 2007

## DEDICATORIAS

A **Dios**, gracias mi señor, por darme la vida, por haberme dado la familia que tengo; también por acompañarme en el camino de mi vida y darme la fuerza para salir adelante en los momentos mas difíciles de mi vida.

A mi papá, **Sr. Jaime Escamilla Cortés**, por darme la mejor herencia que me pudiste dar mi educación, gracias por eso y mas tus consejos, comprensión, tu cariño y amor que me das y por eso mil gracias por todo y que Dios te bendiga hoy y siempre. (Gracias por ser el mejor papá del mundo te amo).

A mi mami: **Sr. Camila Laguna Pérez**, no tengo palabras por agradecerte todo lo que has hecho por mi, lo único que puedo decir mil gracias por tus consejos, tu amor, comprensión, por las alegrías y lágrimas que hemos compartido juntas, te amo y que Dios te bendiga hoy y siempre.(gracias mami).

A mis hermanos: **Jaime A., IVA, Nadia, Marina, Silviano**, le doy gracias a Dios por ser mis hermanos, los amo mucho, gracias por su apoyo incondicional en las buenas y malas, y hay que luchar por lo que queremos, y que nada en la vida es fácil, pero recordemos que nos tenemos unos a los otros para apoyarnos siempre para seguir por nuestros caminos,

Mi vida, este trabajo es para ti, ya que eres mi inspiración y el mejor regalo que Dios me dio. Gracias por compartir con migo cada triunfo de tu vida , eres mi gran motivo de seguir adelante para ser cada día mejores y si llegamos a caer apoyarnos unos a otros, para que seamos mejores personas. Para ti, mi hijo **Gandhi Ortega Escamilla**.

**Gabriel Ortega García**, gracias por tus consejos, apoyo incondicional, comprensión, amor y confianza y recordemos que tenemos mucho camino que recorrer y tendremos muchos obstáculos , hay que enfrentarlos juntos con valor y apoyarnos mutuamente para ser mejores padres, personas, amigos, y mas. Te amo.

A mis Abuelitos: **Sr. Clemencia Pérez y Sr. Romualdo Laguna**, gracias por sus consejos, sus bendiciones, sencillez y amor incondicional que nos dan esa es la mejor herencia para sus hijos, nietos y bisnietos los amo y que Dios los bendiga hoy y siempre. .

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi **Alma Terra Mater**, Gracias por haberme cobijado todo este tiempo que estuve en esta institución, y por darme la oportunidad de realizar parte de mis sueños y haber portado los conocimientos que adquirí durante mi estancia y donde quiera que este estaré orgullosa de ti.

De manera especial a la **DR. Manuela Bolívar Duarte** por haberme brindado una segunda oportunidad y por su reitera confianza, sus conocimientos y valioso tiempo que me brindo en la realización de este trabajo, mil gracias, y que Dios lo bendiga a usted y su familia hoy y siempre.

Al **Dr. Javier de J. Cortes Bracho**, Por su apoyo incondicional, sus consejos y por haber contribuido gradualmente en la realización del presente.

Al **Ing. Luis Pérez** por el apoyo otorgado en todo momento, por su disponibilidad y dedicación en la realización de este trabajo

A la **Q.F.B. Marisol Rodríguez**, gracias por tu amistad, apoyo, tiempo que me brindaste, incondicionalmente, a pesar de tener poco de conocernos, mil gracias y que Dios te bendiga a ti y a tu familia hoy y siempre.

Al **Dr. Eduardo Narro Farias** y al **Ing. Uriel Cerna**, por sus conocimientos brindados, tiempo, sus consejos cuando mas los necesite, gracias y Dios los cuide.

También agradezco a Rubén Pérez, Víctor López, J. Fernando, Miami, Teresa, Gerardo; por todo lo que hicieron por mi, por levantarme en cada tropiezo antes y durante mi estancia en esta institución, mil gracias y en donde quiera que estén que Dios los bendiga hoy y siempre.

A mis compañeros y amigos de la generación: Miguel A. Ramírez, Víctor Hugo, Toño, Rosalía, Gaby, Elena, Edy, Alfred, Marioneta, Memo, Buenrostro, Bustamante, Abiel, Salas, Jose Luis, Rigoberto, Brodelin, Isabel, Jezabel, Agustín, Misael, Samudio, Zelizer, Regina, Chepe, Marcos Rivera, Hipólito, por

su amistad incondicional y que de alguna u otra forma participaron en mi formación, mil gracias y que Dios los bendiga en donde quiera que estén.

Al Ing. Grabriel Icedo, Ing. Luis Lizarraga, Ing. Mauro, Ing. Jose S. Torres, Ing. Jose Leandro, Ing. David, Judith, Paty, Doña Gloria de Aquafim de Cd. Obregón Son. y Culiacán Sin., por su hospitalidad, conocimientos, amistad y apoyo incondicional que me brindaron durante me estancia en la empresa. Mil gracias

También agradezco de corazón a cada uno del personal que trabajan en el departamento de Riego Y drenaje, Ingenieros, Maestros y Doctores, gracias por compartir sus conocimientos que aportaron durante mi estancia en esta Universidad, mil gracias.

También agradezco de manera muy especial a todos mis primos y tios, muchas gracias por sus consejos.

A todos ustedes les agradezco de corazón todo lo que hicieron por mi y por compartir tanto fracasos como alegrías; les agradeceré por siempre mil gracias y que Dios los Bendiga a ustedes y a sus familias.

Sinceramente  
*Lucero Escamilla Laguna*

## INDICE

Índice de cuadros.....	iv
Índice de figuras .....	v
RESUMEN .....	vi
LOS BIOCOMBUSTIBLES DEL MAÑANA .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	3
¿Qué es un Biocombustible? .....	3
Rol de los Biocombustibles .....	5
Tipos de Materia Prima .....	5
Otras Fuentes .....	6
La Producción Primaria .....	7
Principales Productores de Soya .....	10
La Producción de Soya en México .....	10
Principales Productores de Caña.....	11
La Producción de la Caña de Azúcar en México .....	11
La necesidad de Incrementar la Producción Primaria .....	12
Empleo de los Biocombustibles.....	15
Desventajas de los Biocombustibles .....	15
Ventajas de los Biocombustibles .....	16
Costos para Desarrollar los Productos Primarios .....	17
Producción Mundial .....	18

Procesos de Obtención de los Aceites Vegetales .....	20
¿ Qué es el Biodiesel ? .....	20
Procesos de Obtención .....	21
Impacto Ambiental Favorable del Biodiesel .....	24
Costo e Inversión en la Obtención del Biodiesel.....	25
Estándares de Calidad del Biodiesel .....	25
Propiedades del Biodiesel .....	26
Biodegradabilidad .....	29
Producción Europea .....	33
Oferta y Demanda de Biodiesel para México .....	33
¿Qué es el Bioetanol?.....	34
Procesos de Obtención .....	35
Purificación .....	38
Síntesis Química .....	39
Principales co – Productos en su Proceso Productivo	
Integral .....	39
Ventajas .....	39
Limitaciones.....	40
Mezclas de Combustibles con Etanol .....	40
Costos de Producción .....	42
Costos en México .....	43
Costos y litros por tonelada .....	43
Producción y Usos	
Etanol como Combustible en Colombia .....	45
Etanol como Combustible en Brasil .....	45
Etanol como Combustible en EEUU .....	46
Etanol como Combustible en Europa.....	46
La Situación del Etanol en México .....	46
Otros Países .....	47
CONCLUSIONES .....	48
Bibliografía .....	49

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Contenido de celulosa del pino y eucalipto .....	6
2	Rendimiento del aceite promedio en libras por acre En los EEUU .....	7
3	Importaciones de los principales granos y oleaginosas en México.....	8
4	Oferta y demanda mundial de soja.....	10
5	Producción de caña de azúcar en México .....	11
6	Superficie agrícola requerida para producir biocombustibles en México .....	13
7	Costo de la materia prima en México .....	17
8	Principales productores de biocombustibles .....	18
9	Semillas oleaginosas y su contenido de aceite.....	23
10	Cantidad de aceite de extracción por cada 100 kg de Semilla .....	23
11	Costos del biodiesel .....	25
12	Estándares de calidad .....	26
13	Desempeño de la mezcla de biodiesel (RME) y aceite Diesel.....	30
14	Producción Europea.....	32
15	Oferta y demanda del biodiesel en México .....	33
16	Costos de la materia prima por litros de bioetanol .....	43

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura No.</b>	<b>Página</b>
1 Rendimiento de aceite promedio en libras por acre en los EEUU.....	7
2 Superficie requerida para la producción de biocombustibles en México .....	13
3 Proceso de obtención del biodiesel .....	21
4 Molino .....	22
5 Motores de combustión interna con y sin convertidor Catalítico .....	27
6 Emisiones producidas por el biodiesel y el aceite diesel .....	28
7 Biodegradabilidad y toxicidad .....	29
8 Comparación de emisiones de CO <sub>2</sub> diesel y biodiesel .....	31
9 Ciclo del carbono .....	31
10 Proceso de obtención del etanol .....	36
11 Proceso de obtención del etanol a partir del maíz .....	37

## RESUMEN

El desarrollo del mundo moderno y su proceso industrial se basaron en el aprovechamiento de combustibles fósil. Las necesidades crecientes de energía conducen a un mayor impacto sobre el medio ambiente; por lo que la utilización de las energías renovables para satisfacer la demanda empieza a hacer la opción viable para hacerlo minimizando de forma importante los impactos adversos al entorno. Las alternativas que empiezan a generar grandes expectativas son las de fuentes renovables como son los biocombustibles.

El biocombustible es el término con el cual se denomina cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa. Es una fuente renovable de energía, a diferencia de otros recursos como el petróleo, carbón y los combustibles. Aunque se puede hablar de muchos tipos de biocombustibles, por su importancia, hay dos: bioetanol y biodiesel se cree que pueden sustituir a los combustibles fósiles por su bajo y nulo deterioro ambiental y sus características de renovación.

Actualmente son varios los países entre ellos Brasil, EEUU, etc., que se están sumando a la producción de estos combustibles, sobre todos aquellos que no cuentan con la suficiente oferta de combustibles de origen fósil, y por lo tanto dependen de las importaciones para su abastecimiento.

De estos países que están haciendo uso de los biocombustibles, destacan dos como los más importantes por los volúmenes producidos, así como las inversiones realizadas para obtenerlos, estos son Estados Unidos, quien obtiene el combustible a partir del maíz, principalmente y Brasil, quien utiliza la caña de azúcar para producir etanol este se aplica en motores diesel sustituyendo al gasoleo o se mezcla con el en cualquier porcentaje.

Los biocombustibles pueden generar beneficios económicos, crear más empleo, reducir las facturas de la energía, abrir nuevos mercados potenciales y disminuir el deterioro del medio ambiente.

# LOS BIOCOMBUSTIBLES DEL MAÑANA

## INTRODUCCIÓN

En 1973 se produjeron eventos importantes en el mercado mundial del petróleo, que se manifestaron en los años posteriores en un encarecimiento notable de esta energía no renovable, resurgiendo preocupaciones sobre el suministro y el precio futuro de la energía.

En la década de los ochenta, aparecen evidencias de un aumento en las concentraciones de gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera terrestre, las cuales han sido atribuidas, en gran medida, a la quema de combustibles fósiles. De ahí la importancia que puede tener las energías renovables para crear sistemas sustentables. Muchos países, particularmente los mas desarrollados, establecen compromisos para limitar y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, renovando así su interés en aplicar políticas de promoción de las energías renovables; están han madurado y evolucionado, aumentando su confiabilidad y mejorando su rentabilidad.

La preocupación del ser humano por vivir en un ambiente más limpio y sano, lo ha llevado a desarrollar, entre muchas cosas, nuevas fuentes de energía y sobre todo la producción de combustibles no contaminantes que sustituyan a los actuales de origen fósil.

La agroenergética es una nueva faceta de la agricultura, en la que se pretende la producción de biomasa mediante cultivos específicos y la transformación de ésta en productos energéticos de fácil utilización, en sustitución de los combustibles tradicionales.

Pero hoy en día la biomasa significa etanol, biogás, y biodiesel: combustible que arden tan fácilmente como el petróleo, pero que proviene de las plantas.

En la actualidad, los combustibles de biomasa se basan en almidón, aceite y azúcar de plantas, se están probando organismos

que puedan digerir la celulosa, abundante entre las plantas, para que esta también pueda producir combustible líquido. Así mismo, cosechas de combustible más productivas serían de gran ayuda.

Novedoso, inquietante, desconcertante y hasta paradójico resulta conocer el hecho de que actualmente algunos grupos ecologistas han venido expresando su preocupación y hasta oposición a la producción y empleo de los biocombustibles en el mundo; esto pese a conocer y tener claras las implicaciones, daño e impacto que la dependencia y uso exclusivo de los hidrocarburos imponen a las naciones dependientes, que son la gran mayoría.

Algunos ambientalistas afirman que, en vez de ayudarnos, nos perjudican. ¿Cómo? Porque las cantidades de granos necesarias para producir ese combustible producirán más deforestación. Además, con el grano necesario para llenar un tanque de un carro 4x4 de lujo, alcanza para alimentar a una persona durante un año. A un tanque cada dos semanas, al año se podría alimentar a veintiséis personas. Si el Gasohol se produce en Brasil, allí se quema la Selva Amazónica para sembrar más caña de azúcar y soya.

No obstante la Unión Europea promueve los biocombustibles como fuente de energía del transporte y se ha fijado para 2010 el objetivo de aumentar su uso al 5.7 por ciento del total de la energía utilizada en el transporte. Una ventaja para los agricultores europeos es que la producción natural de biocombustibles podría proporcionar grandes ingresos y oportunidades de empleo tras la reforma de la política agrícola común.

Todas las empresas que producen cultivos transgénicos como son: Syngenta, Monsanto, Dupont, Dow, etc, tiene inversiones en cultivos diseñados para la producción de biocombustibles como son el etanol y biodiesel. En la mayoría de los casos la investigación se orienta a obtener nuevos tipos de manipulación genética de maíz, caña de azúcar, soya, entre otros convirtiéndolos en cultivos no comestibles, lo cual aumentaría dramáticamente los riesgos que conlleva en sí la contaminación transgénica.

A decir de algunos investigadores, la generación de nuevos combustibles a partir de productos naturales o de residuos (biomasa) es hoy una industria que en el futuro, no muy lejano tendrá un gran éxito.

### **Objetivos**

- Conocer las ventajas y desventajas que nos ofrecen los biocombustibles.
- Conocer las alternativas que nos ofrecen los biocombustibles para tener un amplio conocimiento sobre estos.

### **¿Qué es un Biocombustible?**

Según la etimología de la palabra será un combustible de origen biológico. Pero se tiende a definir como biocombustible a un combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de los restos orgánicos ([http://www.biocombustibles.es/info\\_biocombustibles.htm](http://www.biocombustibles.es/info_biocombustibles.htm)).

Es una fuente de energía alternativamente procedente de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos (aceite oleaginosos, cañas de azúcar, residuos orgánicos, etc.). Utiliza la biomasa vegetal sirviendo de energía renovable y sustitutiva de aquellas provenientes de combustibles fósiles (<http://www.elsantafesino.com/sociedad/2006/05/22/4603>).

Según Calvo (1999 ) el biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que se deriva de la biomasa, esta es la materia orgánica producida durante un proceso biológico espontáneo o provocado que puede ser usado como fuente de energía.

La biomasa es toda la materia orgánica de origen natural vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana. La biomasa residual es la que genera cualquier actividad humana, en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras y aguas residuales. La biomasa producida es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible, en vez de producir alimentos, como la caña de azúcar en Brasil, orientada a la producción de etanol para carburante (<http://www.chilecientifico.cl/modules.php?name=News&file=article&sid=244>).

La biomasa, es decir, la materia vegetal utilizada como fuente de energía, se percibe tradicionalmente como una alternativa prometedora a las energías fósiles y nucleares que son contaminantes. Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras: quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su transporte y almacenamiento.

Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales, con la ventaja de que son renovables y tienen bajo impacto en el desarrollo ambiental (<http://es.wikipedia.org/wiki/Biocombustible>).

En realidad toda sustancia susceptible de ser oxidada produce energía si esta sustancia procede de las plantas, entonces al ser quemada (oxidada) devuelve a la atmósfera el dióxido de carbono que la planta tomó del aire tiempo atrás. Por tanto, desde el punto de vista ecológico es un sistema que respeta el medio ambiente ([http://www.biocombustibles.es/info\\_biocombustibles.htm](http://www.biocombustibles.es/info_biocombustibles.htm))

Los biocombustibles más utilizados y desarrollados son el bioetanol, biodiesel.

Según el Consejo Nacional de Defensa de los Recursos Renovables de Estados Unidos, más de mil millones de toneladas de materiales con celulosa (aserrín, césped, hojas de árbol, viruta de madera, etc) se generan anualmente y de su destilación fermentativa podrían ser obtenidos cerca del 30 por ciento de los combustibles necesarios para los automóviles.

La producción de Biomasa en el mundo es de 170 billones de ton/ año. De las cuales el 70 por ciento es aportado por los bosques. De la madera es 50 por ciento de celulosa y 20-25 por ciento de hemicelulosa.

## **Rol de los biocombustibles**

Pueden ser usados para desplazar los combustibles fósiles y sus asociadas emisiones de carbono (CO<sub>2</sub>) que son los causantes del calentamiento global y por consecuente el efecto invernadero.

No solamente se ven reducida la emisión de CO<sub>2</sub> si no que estos combustibles están exentos de emisiones de azufre y reducen significativamente la emisión de partículas a la atmósfera.

### Tipos de Materia Prima

Los biocombustibles se derivan de un sin número de productos agropecuarios, ya que en su elaboración puede partir tanto desde las heces animales, que en su fermentación controlada genera metano, como también los productos forestales (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf> ).

Los productos sustitutos del diesel son derivados de oleaginosas tales como:

- Soja o Soya (*Glycine max L.*)
- Girasol (*Helianthus annuus*)
- Maní (*Arachis hypogaea L.*)
- Colza (*Brassica napus*)
- Palma (*Elaeis*)
- Lino (*Linum usitatissimum*)
- Cartamo (*Carthamus tinctorius L.*)
- Nabo (*Brassica rapa L.*)
- Palma africana (*Elaeis guineensis*)

- Jatropla ( *jatropha curcas*)

Aceites usados y sin usar, grasas animales tales como la manteca de cerdo, sebos y grasas amarillas y otros vegetales como son: sustancias con alto contenido de sacarosa:

- Remolacha (*beta vulgaris*)
- Caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*)
- Malezas
- Trigo (*Triticum spp.*)
- Sorgo dulce (*Sorghum spp.*)

Sustancias con alto contenido de almidón:

- maíz (*Zea mays*)
- papa (*Olanum tuberosum L.*)
- Yuca (*Manihot sculeta* )

### Otras Fuentes

Según Worldwatch (2006) el *panicum virgatum*, un tipo de pasto del que se puede obtener celulosa, crece rápido, captura mucha energía solar (que se trasforma en muchísima energía química) y mientras crece, remueve el dióxido de carbono del aire, así que si se llega a cultivar en grandes cantidades y extensiones, tendría un efecto positivo sobre el medio ambiente.

También se están realizando estudios sobre las ventajas de usar el pino o Eucalipto, lo que se esta evaluando de este árbol es la determinar la edad óptima como a continuación se muestra en el cuadro No. 1 según: <http://www.bioenergy-lamnet.org/publications/source/chile/WG3-3-LAMNET-Chile-1104-Parra.pdf>.

**Cuadro 1:** Contenido de celulosa del pino y eucalipto

	Madera Blanda	Madera Dura
	Pino	Eucalipto
Celulosa	35-55%	40-60%

Hemicelulosa		
Hexosas	12-15%	2-7%
Pentosas	8-12%	12-15%
Lignina	28-31	15-22%
Crecimiento	Lento	Rápido
Fuente: Mansilla, 1991; Hills, 1982		

Según Delgado (2006) la higuierilla desde hace tres años en Medellín, Colombia se ha empezado a trabajar, debido a las bondades que se le atribuyen y sus múltiples usos como la elaboración de productos químicos, laxante y para lubricación de motores de alta rotación.

La higuierilla es un cultivo alternativo, rústico con poca inversión debido a que la planta ofrece además control natural de plagas y enfermedades (es nematocida) y la obtención de algunas sustancias a partir de sus hojas. Después de extraer el aceite se obtiene la torta, un abono especial por su contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores.

Presenta características ventajosas como son el punto de nube, punto de ebullición y congelamiento y características de lubricación.

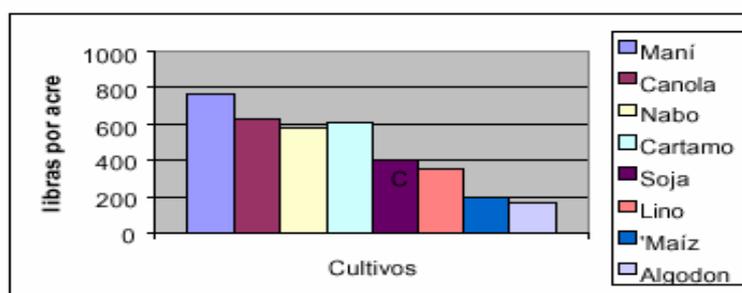
Otras especies son la pataca (*Helianthus tuberosus* L.) y el sorgo azucarero (*Sorghum bicolor* L.), estos tienen menor costo de producción, serían más rentables, ya que se podrían emplear los tallos secos (de la pataca) o el gabazo (del sorgo) ([http://www.enciga.org/boletin/61/biocombustibles\\_bioetanol\\_y\\_biodiesel.pdf](http://www.enciga.org/boletin/61/biocombustibles_bioetanol_y_biodiesel.pdf)).

### **La Producción Primaria**

Todos los productos mencionados se obtienen, por un simple proceso de transesterificación se transforman en combustibles líquidos, aunque con diferente volumen de producción de aceite por hectárea tal como se muestra en el cuadro No. 2 y figura No.1 (Duffield et al (1998) citado por <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>)

**Cuadro 2:** Rendimiento de aceite promedio en libras por acre en los EEUU (1991-1995).

Maní	Canola	Nabo	Cartamo	Soja	Lino	Maíz	Algodón
764	630	585	615	400	650	195	165



Fuente: Duffield et al (1998)

**Figura 1:** Rendimiento de aceite promedio en libras por acre.

De estos cultivos la producción de aceites, sólo capta diferentes porcentajes del producto primario, hecho que hoy día se ve limitado por la decisión de algunos países que como China e India, resolvieron limitar la adquisición de aceites y harinas a favor de la importación del producto básico, el grano favoreciendo así a su industria transformadora.

Según Sánchez (2007) en Honduras un grupo cuenta con 22 mil hectáreas en producción de palma africana. Su producción que tienen asciende en promedio a 24 toneladas de fruta por hectárea por año. En aceite equivale a más o menos entre 98 mil y 102 mil toneladas de aceite, es decir entre 4 y 5 toneladas por hectárea.

En el cuadro No. 3 se presenta el escenario actual y prospectivo de importaciones de los principales granos y oleaginosas en México ( [http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio\\_Sener\\_Act\\_4.pdf](http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio_Sener_Act_4.pdf))

**Cuadro 3:** Importaciones de los principales granos y oleaginosas en México.

<b>Producto</b>	<b>2004-2005 miles de ton.</b>	<b>2014-2015 miles de ton.</b>
Maíz	6,00	13,500
Trigo	3,700	5,000
Sorgo	2,900	3,300
Arroz	550	830
Soya	3,500	6,000

Sánchez (2007) en México se empezó a construir la primera planta de etanol, y se espera y comience a operar a principios del 2008. esta planta se localiza en Sinaloa.

En el estado de Sinaloa se producen al año 4 millones de toneladas de maíz. Esta planta a parte de producir etanol, también producirá CO<sub>2</sub> y DGS (grano seco destilado y soluble) (Sánchez, 2007).

El etanol será completamente para el mercado de exportación a California, Nuevo México y Arizona en Estados Unidos.

El CO<sub>2</sub> será para el consumo domestico para las plantas refresqueras. Los DGS serán para el consumo en la industria pecuaria de esta entidad. Este producto tiene ventajas incluso sobre el grano normal, pues tiene mas proteínas y es más digestible que la soya. El DGS está muy bien cotizado entre los ganaderos.

La producción de esta planta será de 100 toneladas de DGS, 300 mil litros de etanol y 300 mil litros de CO<sub>2</sub> por día.

Los requerimientos de esta planta serán más de 300 mil toneladas de maíz, que se cosechan en promedio en unas 30 mil hectáreas. La cosecha de maíz en Sinaloa se da en un periodo de dos meses, por lo que es muy seguro que el abastecimiento del grano se complemente con importaciones todo el año.

Dado que el insumo principal es el aceite vegetal, resulta importante conocer las posibilidades agrícolas disponibles para producirlo. Los litros de aceite ( o sea de biodiesel) que se obtiene por hectárea por año, dependerán del cultivo que se da origen al aceite vegetal. Algunos de los mas comunes son: (<http://biodisel.8k.com/#seeds>)

- Soja (*Glicine max*): 420 litros
- arroz (*Oriza sativa*): 770 litros
- tung (*Aleurites fordii*): 880 litros
- girasol (*Helianthus annuus*): 890 litros
- maní (*Arachis hipogaea*): 990 litros
- colza (*Brassica napus*): 1100 litros
- ricino/tartago (*Ricinus communis*): 1320 litros
- jatropa/tempate/piñon (*Jatropha curcas*): 1590 litros.
- aguacate, palta (*Persea americana*): 2460 litros
- coco (*Cocos nucifera*): 2510 litros
- cocotero (*Acrocomia aculeata*): 4200 litros
- palma (*Elaeis guineensis*): 5550 litros

### Principales Productores de Soya

Si bien a nivel mundial de aceites existentes una oferta creciente de estos productos que hasta ahora cubrió satisfactoriamente la demanda efectiva de los mismos y que en ciertas circunstancias determinó – por su exceso- una depresión a sus precios su producción dista mucho de satisfacer la demanda potencial de los mismos.

En el cuadro No. 4 resume la oferta y demanda mundial de soja (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>)

**Cuadro 4:** Oferta y demanda mundial de soya en millones de ton.

	<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>STOCK FINAL</b>
<b>Estados Unidos</b>	<b>77,12</b>	<b>6,94</b>
<b>China</b>	<b>15</b>	<b>4,29</b>
<b>Brasil</b>	<b>39</b>	<b>6,75</b>
<b>Argentina</b>	<b>26</b>	<b>5,9</b>
<b>Mundo</b>	<b>175,4</b>	<b>26,18</b>

### La Producción de Soya en México

Es una de las más importantes en nuestro país. Esta materia prima es uno de los eslabones fundamentales, no solo en las cadenas productivas de la industria aceitera y de alimentos balanceados. Enfrenta sin embargo, serios problemas en a) la drástica caída en los

niveles de producción, b) el significativo deterioro de la balanza comercial, tanto de cultivo como sus derivados (aceite y pasta).

Para satisfacer la demanda interna, México adquiere en los mercados internacionales cerca del 7 por ciento en valor del total comercializado en el mundo de estas semillas, lo que lo hace uno de los grandes importadores.

Los estados productores mas importantes del cultivo de la soya son: Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Chiapas, y Tamaulipas, ya que estos abarcan mas del 80 por ciento de la producción total nacional para el año 1999.

### **Principales Productores de Caña**

En los últimos cinco años, la superficie mundial cultivada con caña de azúcar prácticamente no ha registrado cambios de importancia, ubicándose en 19.5 millones de hectáreas y una tasa de crecimiento de 0.8 por ciento entre los años de 1998 y 2002.

(<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revista/127/ca127.pdf>).

De acuerdo con la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), aproximadamente el 65 por ciento de la superficie cultivada con caña de azúcar se encuentra en seis países: Brasil, India, China, Tailandia, Pakistán y México. De este conjunto de países destacan los casos de China, cuya superficie cultivada registró un crecimiento del 4.5 por ciento entre los años de 1998 y 2002, seguido por India con 4.1 por ciento y Brasil con 1.5 por ciento; mientras que Tailandia, Pakistán y México, observaron descensos en la superficie destinada al cultivo del 7.54 por ciento, 5.4 por ciento y 2.4 por ciento, respectivamente.

### ***La Producción de Caña de Azúcar en México***

Según la base de datos del Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción promedio anual de caña de azúcar en México, en los últimos cinco años, fue de 631.2 mil hectáreas, con una tasa de crecimiento de apenas 0.26 por ciento en este lapso. De esta

superficie se obtuvo una producción promedio anual, de 45.15 millones de toneladas por hectárea (<http://infoagro.net/shared/docs/a2/ACF2B8B.pdf>).

En el cuadro No.5 se muestra los principales estados productores de caña de azúcar al incrementar la superficie destinada al cultivo.

**Cuadro 5: Producción de caña de azúcar en México**  
(miles de toneladas)

Estados	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Veracruz	19,183.73	16,882.36	17,090.12	17,078.31	17,254.32	16,828.35
Jalisco	4,495.66	6,145.56	5,025.04	5,228.80	521.01	5,547.90
San Luis Potosí	3,223.59	2,833.96	3,138.40	3,449.66	3,201.05	3,760.64
Tamaulipas	2,305.22	2,349.11	1,663.06	2,571.89	2,897.20	2,700.56
Chiapas	1,578.56	1,552.53	2,041.98	2,342.21	2,576.65	2,365.35
Oaxaca	3,098.05	2,932.67	2,358.05	2,274.97	2,442.69	2,295.68
Otros	12,245.00	12,409.55	11,056.74	12,554.81	12,053.41	11,709.00
Nacional	47,129.81	45,105.74	42,373.39	45,500.56	45,635.33	45,126.48

Fuente: ACERCA con información de SIAP/SAGARPA

### *La Necesidad de Incrementar Producción Primaria*

Si bien ya se señaló que los biocombustibles pueden obtenerse a partir de los productos vegetales, animales cabe señalar que su empleo debe implicar el crecimiento de los mismos <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>

Todos estos productos transformados en biocombustibles, generarían el equivalente a 3.7 mil millones de galones de diesel oil, aproximadamente el 13% de los 28.0 mil millones de galones que se consumieron en 1996 para el transporte en los EEUU y si el biocombustible se incorpora al diesel oil en un 20% (B20) la oferta total de esta mezcla solo cubriría al 67% del consumo anual.

Lo señalado implica entonces que el desarrollo de estos combustibles si no se desean alterar los mercados la necesidad de:

- Incrementar las áreas sembradas, tanto de los cultivos existentes como por la incorporación de otros cultivos.
- Modificar la estructura genética de los cultivares hoy empleados a efectos de incrementar sus rendimientos en grano, como así sus rendimientos en aceites.
- Incrementar el reciclaje de los aceites comestibles y el empleo de grasas animales.

Fuentes (2006) dijo que si todos los automóviles de EE UU caminaran con un 100 % de etanol como combustible, sería necesario usar 97% de las tierras de ese país exclusivamente para cultivar el maíz. Según sus cálculos, este escenario nos daría un cielo azul a cambio de asumir incrementos en la carne, la leche y los huevos, por que el maíz para alimentar a los animales que consumimos subiría drásticamente, sin mencionar los costos de sembrar para alimentar autos, en lugar de hacerlo para cosechas destinadas al consumo humano.

Actualmente México importa la mayoría de sus semillas oleaginosas, el maíz, etc. Por ande, una mayor producción de aceites comestibles. Si el gobierno decidiera subsidiar la producción de semillas para el biodiesel se presentaría lo siguiente ([http://www.energía.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel\\_Presentacion\\_DT\\_23\\_nov\\_2006.pdf](http://www.energía.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel_Presentacion_DT_23_nov_2006.pdf)):

Se podría presentar una situación de desabasto de semillas para el consumo humano, tal como se presento principios de este año el alza del precio del maíz en grano y por consecuente el precio de la tortilla y la mayoría de los productos de la canasta básica.

En el cuadro No. 6 y figura No. 2 se mencionan algunas oleaginosas y la superficie requerida para la producción de biocombustibles en México para el 2014.

**Cuadro 6:** superficie agrícola requerida para la producción de los biocombustibles en México.

Tierra agrícola requerida En 2014 (ha)						
	Rendimiento	B-5	B-10	B-20	Tierra agrícola	Área potencial

	(litros/ha)				Actual (ha)	(ha)
Palma de aceite	3,390	304,881	609,762	1,219,524	15,00	2,500,000
Jatropha	730	1,415,717	2,831,434	5,666,868	n.s	1,000,000
Girasol	665	1,554,095	3,108,190	6,216,381	900	n.s.
Canola/colza	619	1,669,585	3,339,171	6,678,341	10,050	n.s
Cártamo	409	2,526,830	5,053,659	10,107,319	224,000	n.s
Soya	289	3,576,032	7,152,065	14,304,129	110,000	>1,000,000



**Figura 2:** superficie requerida para la producción de biocombustibles.

El problema que esta ocasionando producir biocombustibles en EE UU con el maíz es la crisis de producción – venta den México estará en una fase más critica en los próximos meses, debido a que se registrará una menor disponibilidad del maíz en el mercado estadounidense, con una baja en la producción de 1.2 por ciento anual en 2007.

A esto se agrega el importante crecimiento de los requerimientos de este cereal para usos industriales, lo que presionará los precios al alza. La producción de etanol se prevé que aumente 34.4 por ciento, y cabe agregar que Estados Unidos ya

cuenta con 100 plantas industriales de este producto y más están en construcción.

El Departamento de Agricultura de los EU señala, que por primera vez, se va a destinar la misma cantidad de maíz para la producción del etanol que para las exportaciones.

### **Empleo de los Biocombustibles**

Los biocombustibles desarrollados a partir de la glucosa y aceites, pueden ser utilizados en los motores convencionales sin cambios de consideración ya que solamente, y debido a su poder diluyente, solo quieren – de ser necesario el reemplazo de mangueras de conducción de combustibles por elementos no fabricados sobre la base de caucho o espuma de polietileno.

(<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>)

**La utilización en motores marinos:** existen dos características importantes para su uso:

- a) la solubilidad y velocidad de degradación en contacto con el agua.
- b) Baja toxicidad para la vegetación acuífera y los peces, así este combustible resulta menos toxico que los derivados del petróleo.

### **Motores terrestres:**

- La reducción en la emisión de residuos de azufre
- Dificultades en el arranque a bajas temperaturas
- Mejoras en el nivel de lubricación
- Disminución en las emisiones de CO, CO<sub>2</sub> y partículas.

Entre 1997 y 1998 Josh y Kaia Tickell cruzaros los EEUU en su van propulsado por biodiesel que generaron que anexaron a la misma, emplearon aceite comestible para la misma.

### **Desventajas de los Biocombustibles:**

- El costo de producción de los biocombustibles casi dobla al de la gasolina o gasóleo (sin impuestos).

- Se necesitan grandes espacios de cultivo, dado que del total de la plantación solo se consigue un 7% del combustible. En España por ejemplo, habría que cultivar un tercio de todo el territorio para abastecer solo la demanda interna del territorio.
- Potencialización de mono cultivos intensos, como consiguiente uso de pesticidas y herbicidas.
- Genera emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos (contaminantes menores).
- Presenta menor poder calorífico que la gasolina, por lo que requiere un mayor consumo.
- Las propiedades de fluidez del combustible a bajas temperaturas, este problema esta determinado por que a temperaturas inferiores a los 0 °C se forman pequeños y sólidos cristales cerosos que tapan los conductos y filtros. Es decir que este combustible se congela antes que los petroderivados (2 o 3 °C).
- La estabilidad del producto durante su almacenamiento, esta afectada por su escasa estabilidad hidrolítica y oxidativa, comprometiéndose así a sus cualidades técnicas durante su almacenamiento prolongado.
- El costo de la materia prima implica el desarrollo de nuevas variedades y/o nuevas técnicas de cultivo.

También se puede contar como desventaja. Cuando se anuncio que el aceite de palma puede usarse para hacer biodiesel, su precio subió un quince por ciento. Entonces, ¿Por qué a los biocombustibles les llaman: amigables con el ambiente?

Pareciera que al contrario, al aumentar la producción de biocombustibles, crecerá la deforestación de los bosques y las selvas tropicales. ¿Y entonces? Para algunos grupos ambientalistas, el problema de los biocombustibles es muy complejo  
([http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=33288\\_201&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=33288_201&ID2=DO_TOPIC)).

Después, los gobiernos están dejando el problema en manos de la empresa privada, lo que es irresponsable, sobre todo en el terreno de la manipulación de especies vegetales para que produzcan más alcohol.

### **Ventajas de los Biocombustibles:**

- Presenta un elevado índice de octanaje, favoreciendo el proceso de combustión. Produce menos dióxido de carbono que la gasolina dependiendo de su proceso de destilación y de la eficiencia de los cultivos que lo generan.
- Es menos inflamable que la gasolina y el diesel.
- No incrementa los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, con lo que se reduce el efecto invernadero.
- Proporciona una fuente de energía reciclable, y por lo tanto inagotable.
- Revitaliza las economías rurales, y generan empleos al favorecer la puesta en marcha de un nuevo sector en el ámbito agrícola.
- Se podrían reducir los excedentes agrícolas que se han registrado en las últimas décadas.
- Se mejora el aprovechamiento de las tierras con poco valor agrícola y que, en ocasiones, se abandonan por la escasa rentabilidad de los cultivos tradicionales.
- Se mejora la competitividad al no tener que importar fuentes de energía tradicionales.
- No contiene azufre y por ende no genera emanaciones, las cuales son responsables de la lluvia ácida.

### **Costos para Desarrollar los Productos Primarios**

En la producción primaria se ha generado una importante modificación estructural, que no solo afecta la disponibilidad y requerimientos de mano de obra, la motorización y

mecanización del sector, si no que también he determinado cambios estructurales tanto en lo que hace a la superficie media de la explotación que se ha incrementado en un 30 por ciento (cuadro No.7).

([http://www.energía.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel\\_Presentacion\\_DT\\_23\\_nov\\_2006.pdf](http://www.energía.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel_Presentacion_DT_23_nov_2006.pdf))

**Cuadro 7:** costos de la materia prima en México:

Materia Prima		Precios del mercado	
		Rango (MX\$ /ton)	Usado (MX\$/ton)
Semillas/ frutas	Girasol	2,367 to 3,129	2,750
	Colza/canola	2,839 to 3,927	3,380
	Cártamo	2,255 to 2,875	2,570
	Soya	2,356 to 3,000	2,680
	Fruto de palma de aceite	487 to 627	560
Aceite vegetal (crudo)	Jatropha	1,660	1,660
	Girasol	4,140 to 5,341	4,740
	Colza	4,578	4,580
	Cártamo	12,640 to 15,000	6,910
	Soya	4,469 to 6,289	5,380
Aceite usado	Aceite de Palma	3,270 to 4,750	4,010
	Aceite de jatropha	n.a	8,800
	Grasas amarillas	4,400	4,400
Grasas animales	Sebo de res	3,500 to 5,200	4,350

### Producción Mundial:

El informe de Shields y Sarmiento (Fuentes, 2006), explica que si bien Brasil es el país número uno en la fabricación de biocombustibles (bioetanol a partir de la caña de azúcar) con mas de 15,000 millones de litros en 2004. Estados Unidos crece a pasos agigantados con la producción de este producto a partir del maíz. Sus números llegaron

a 8,500 millones de litros el año pasado y para 2006 se espera que encabecen la lista mundial.

También Brasil ha desarrollado vehículos que usan un combustible denominado fluxfuel, 85 por ciento etanol y 15 por ciento gasolina, otros vehículos usan mezclas de 25 por ciento etanol y 75 por ciento gasolina ([www.energiadebate.com.mx](http://www.energiadebate.com.mx)).

Según Perea (2006) la zafra 2005 -2006 se prevé una producción de 436.8 millones de toneladas, de las cuales 394.4 millones de toneladas se destinarán a las plantas de azúcar y alcohol; 42.4 millones de toneladas servirán para la producción de cachaza, rapadura, alimento para animales y diseminación de plántíos. La producción de azúcar en Brasil para dicha zafra se calcula en 26.7 millones de toneladas y la de alcohol en 17 mil millones de litros.

En el cuadro No. 8 se muestran los principales países productores de biocombustibles, comparado con otros países, México está lejos de lograr una buena posición en cuanto a la producción de este combustible ecológico. (Fuentes, 2006).

**Cuadro 8:** Principales productores de biocombustibles

<b>País</b>	<b>Millones de galones</b>
<b>Brasil</b>	<b>3,989</b>
<b>Estados Unidos</b>	<b>3,535</b>
<b>China</b>	<b>964</b>
<b>India</b>	<b>462</b>
<b>Francia</b>	<b>219</b>
<b>Rusia</b>	<b>198</b>
<b>Sudáfrica</b>	<b>110</b>
<b>Reino Unido</b>	<b>106</b>
<b>Arabia Saudita</b>	<b>79</b>
<b>España</b>	<b>79</b>
<b>Tailandia</b>	<b>74</b>
<b>Alemania</b>	<b>71</b>
<b>Ucrania</b>	<b>66</b>
<b>Canadá</b>	<b>61</b>
<b>Polonia</b>	<b>53</b>
<b>Indonesia</b>	<b>44</b>
<b>Argentina</b>	<b>42</b>

<b>Italia</b>	<b>40</b>
<b>Australia</b>	<b>33</b>
<b>Japón</b>	<b>31</b>
<b>Pakistán</b>	<b>26</b>
<b>Suecia</b>	<b>26</b>
<b>Filipinas</b>	<b>22</b>
<b>Corea del sur</b>	<b>22</b>
<b>Guatemala</b>	<b>17</b>
<b>Cuba</b>	<b>16</b>
<b>Ecuador</b>	<b>12</b>
<b>México</b>	<b>9</b>
<b>Nicaragua</b>	<b>8</b>
<b>Mauricio</b>	<b>6</b>
<b>Zimbabwe</b>	<b>6</b>
<b>Kenya</b>	<b>3</b>
<b>Swazilandia</b>	<b>3</b>
<b>Otros</b>	<b>338</b>

Fuente: White,1999

Según Perea (2006) la agroindustria de la caña de azúcar en México, representa casi el 0.5 por ciento del PIB y genera alrededor 2.5 millones de empleos directos e indirectos.

Abarca más de 700 mil hectáreas cuya producción se destina a 58 ingenios azucareros. México produce 5 millones de toneladas de azúcar al año. La producción de etanol en la zafra 2004-2005 fue de 59.3 litros.

En 2005, PEMEX vendió 11,025 millones de litros de gasolina en las ciudades de México, Monterrey y Guadalajara. Si se adicionara etanol a las gasolinas es estas urbes se requerirían unos 650 millones de litros de etanol al año.

### ***Procesos de Obtención de los Aceites Vegetales***

Si bien los dos procesos principales para la obtención de aceites (solventes o presión) determinan rendimientos diferenciales.

**¿Qué es el Biodiesel?**

Es un éster similar al vinagre pero que se obtiene de aceites vegetales extraídos de frutos de plantas como la soja, la colza, la palma, el girasol, etc. También se puede generar a partir de aceite vegetal de cocina frito y sin usar. Esta última opción ha tomado la importancia dada la gran cantidad de residuos aceitosos que se generan en el sector de la restauración. Para extraer el aceite vegetal de los frutos oleaginosos se precisa una compresión o una presión.

El sistema más habitual es la transformación de estos aceites vegetales a través de un proceso de combinación con alcohol metílico e hidróxido sódico, produciéndose un compuesto que se puede utilizar directamente en un motor diesel sin modificar, obteniéndose glicerina como subproducto (<http://www.chilecientifico.cl/modules.php?name=News&file=article&sid=244>).

La energía contenida en el biodiesel es mayor que la que se invierte en el proceso de fabricación. Con las tecnologías actuales, para producir 1.005 kg de biodiesel se necesitan 110 kg de metanol, 15 kg de catalizador, 1.00 litros de aceite y 4.290 litros de agua y se generaran 100 kg de glicerina. El biodiesel es degradable como un azúcar, 10 veces menos tóxico que la sal de cocina y sobre todo reduce en un 80 por ciento las emisiones de dióxido de carbono y las de óxidos de azufre (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>).

Puede emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción. No contiene azufre y por ende no genera emanación de este elemento.

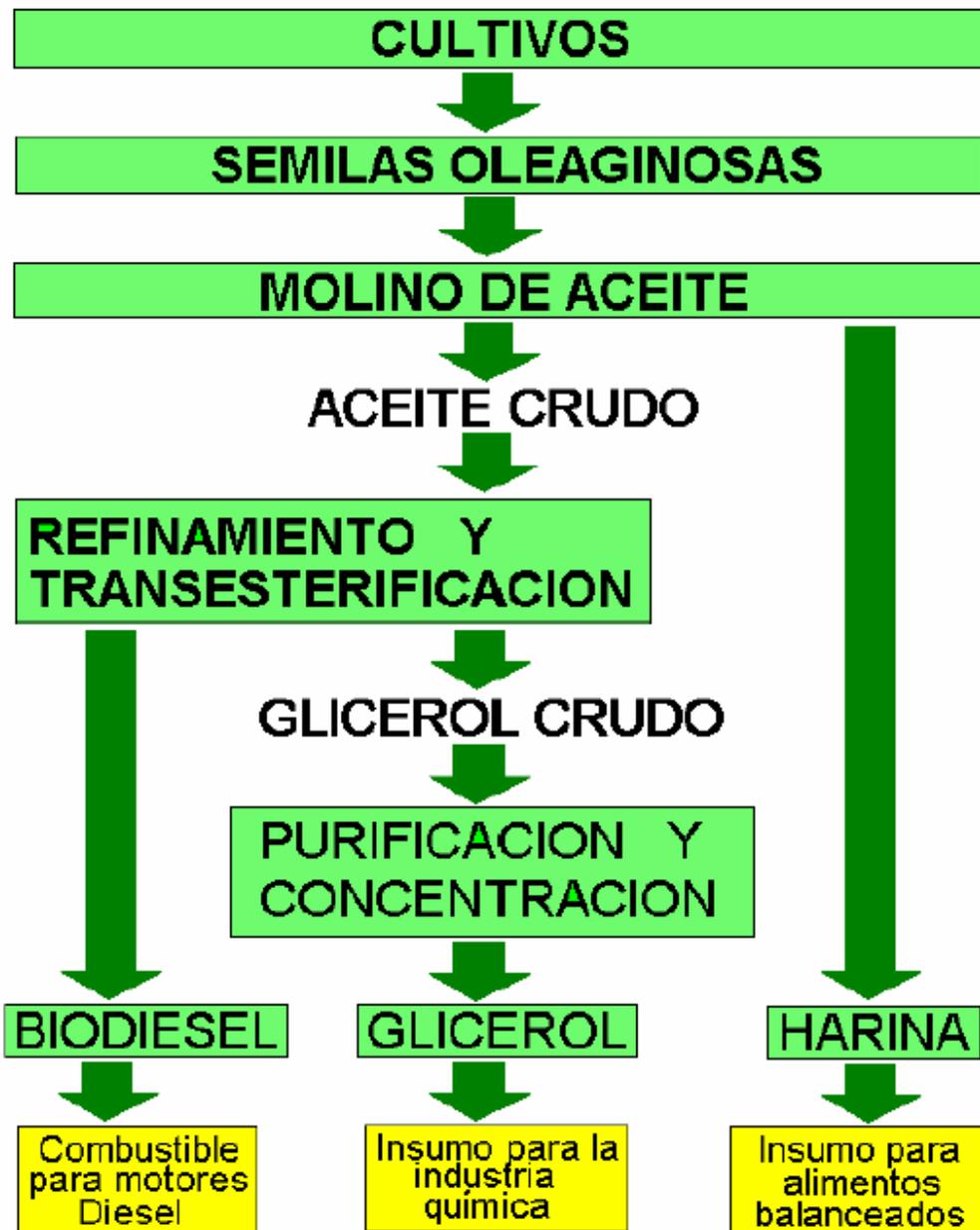
### **Proceso de Obtención**

Se inicia con la refinación del aceite vegetal, ya que normalmente es necesario reducir los contenidos de agua y ácidos grasos a posteriori. Este aceite debe ser ésterificado mediante su reacción con alcohol metílico o etílico (metanol o etanol) en presencia de un catalizador (hidróxido de sodio o de potasio) obteniéndose el éster correspondiente y dos coproductos, la glicerina y fertilizante de potasio. La glicerina obtenida normalmente es de uso general, apta para cosmetología o farmacología debe ser

reprocesada hasta una pureza del 99.5 por ciento (<http://www.corpodib.com/estudios2.htm#principales>).

Otros procesos integrales además de lograr los productos básicos señalados precedentemente desarrollan aditivos, lubricantes, solventes y limpiadores.

En la figura 3 se muestra un resumen del proceso de obtención tal como lo concretó A. Etiennot, citado por <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>:



**Figura 3:** Proceso de obtención del biodiesel

El molino de aceite esta diseñada para procesar la semilla oleaginosa. Se produce aceite de alta calidad con muy bajo costo de operación.

Los productos que se obtienen en el molino son:

- Aceite vegetal crudo
- Harina de alto contenido proteico

En la figura No. 4 se muestra una foto de un mini molino que puede exprimir todo tipo de semillas oleaginosas.



Figura 4: Molino

Es importante conocer el contenido de aceite de algunas semillas oleaginosas, se muestran en el cuadro No. 9 (<http://savoia-power.com/tinyEs.htm>)

**Cuadro 9:** Semillas oleaginosas y su contenido de aceite en por ciento

Maní	46-48%
Castor	40-48 %
Girasol	32-40%
Copra	62-68%
Palma	38-45 %
Sesamo	50-56%
Colza	38-45 %
Mostaza	38-45%
Lino	40-50 %
Algodón	18-22%
Soja	18-22 %
Palma	20-22 %

En el cuadro No. 10 se presenta el por ciento de extracción de aceite según la semilla.

**Cuadro 10:** Cantidad típica de extracción por cada 100 Kg. de semilla.

Palma	36 kg	Soja	14 kg
Sesamo	50 Kg	Palma	20 kg
Colza	37 kg	Mani	42 kg
Mostaza	35 kg	Castor	36 kg
Lino	42 kg	Girasol	32 kg
Algodón	13 kg	Copra	62 kg

En la unidad de refinamiento y transesterificación este produce el filtrado y remoción, catalítica o por destilación de ácidos grasos libres. El producto es aceite vegetal refinado sin ácidos.

### **Impacto Ambiental Favorable del Biodiesel**

Las propiedades de mejora ambiental que implica el uso de este combustible en sustitución del de origen fósil, hace recomendable la promover se elaboración por:

- balance energético favorable del biodiesel.
- Posibilidades de desarrollo en escalas modulares de la capacidad de las plantas.
- Factibilidad de utilización de instalaciones industriales existentes modificadas para elaboración de biodiesel.
- Trabajos de difusión del uso del biodiesel.
- Participación en la elaboración de normativas de calidad e instalaciones y legislación general.

### **Costo e Inversión en la Obtención del Biodiesel**

Bender (1999) expresa que los recientes análisis de factibilidad económica de biodiesel muestran que sus costos de producción, tanto en los EEUU como en los países de la Unión Europea, son superiores al precio corriente antes de impuestos del diesel oil. También señala que la incorporación de recuperos provenientes de los co-productos obtenidos, tal como la glicerina, incorporan un grado adicional de inestabilidad al proyecto ya que sus precios son altamente volátiles, en el caso de la glicerina su precio pasó de u\$s3.52/kg en 1990, en 1991 u\$s 1.76/kg y alcanzó los 0.66 u\$s/kg en 1999.

En el cuadro No. 11 se puede observar que los menores costos derivados de la obtención de biocombustibles con materia prima de origen animal se compensan con la falta de generación de coproductos que aminoren la carga determinada por el mayor precio de la materia prima. Bender (1999) ratifica que el desarrollo de estos combustibles puede ser exitoso para cooperativas cuyo miembros presenten una diversificación productiva, especialmente en las regiones con una importante brecha entre el precio que los productores reciben por su semilla oleaginosa y el valor que pagan por sus harinas proteicas... los créditos impositivos son entonces necesarios, en este momento, para hacer

competitivo al biodiesel respecto al diesel oil (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>).

### Estándares de Calidad del Biodiesel

- Actualmente en México no existen estándares para el biodiesel en México.
- En términos generales, las propiedades del combustible Diesel convencional y el biodiesel son similares.

En el cuadro No. 12 se comparan los estándares de calidad de algunos países, siendo los mas estrictos Alemania y Australia el primero no determina H<sub>2</sub> O.

**Cuadro 11:** costos del biodiesel

Capacidad de Planta (Ml/año)	2.0	2.0	2.0	2.0	7.5	12.0	115.0
Proceso	Continuo	Continuo	Continuo	Continuo	Bach	Continuo	Continuo
Producto	Soya	Colza	Girasol	Grasa	Nabo	Grasa	Grasa
Factor de conversión (Kg/l)	8.7	3.7	3.0	1.0	2.4	0.9	0.9
Precio (u\$s/kg)	0.20	0.17	0.24	0.26	0.29	0.29	0.29
Costo M.P	1.74	0.63	0.72	0.26	0.70	0.26	0.26
Costos del capital	0.19	0.15	0.15	0.13	0.09	0.06	0.03
Costos operativos	0.28	0.16	0.16	0.09	0.19	0.09	0.07
Insumos químicos	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.02	0.02
Costo elaboración biodiesel	2.23	0.96	1.05	0.50	1.06	0.43	0.38
Ingresos por Subproductos							
Glicerina	0.06	0.06	0.06	0.06	0.10	0.06	0.06
Harinas (tn/l)	0.0078	0.0024	0.0024	0.00	0.0016	0.00	0.00

Precio (u\$s/Tn)	240	210	150		170		
Valor harinas	1.87	0.05	0.36	0.00	0.27	0.00	0.00
Costo neto del biodiesel	0.30	0.40	0.63	0.44	0.69	0.37	0.32

Fuente: elaborado sobre la base de datos de Bender (1999)

### **Propiedades del Biodiesel**

Según

[http://www.sagpya.mechon.gov.ar/new/o\\_o/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf](http://www.sagpya.mechon.gov.ar/new/o_o/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf)

- a) Su producción es renovable.
- b) En su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina en balance de carbono, menos contaminantes que los combustibles fósiles.
- c) Cumple con los requisitos de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), para los combustibles alternativos de emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción.
- d) No contiene azufre y por ende no genera emanaciones de esta base, las cuales son responsables de la lluvia ácida.

### **Cuadro 12 : Estándares de calidad**

Característica	Unidades	Australia Estándar C1191 Nov'96	Francia	Alemania DIN 51606 Sep 1997	EEUUdeNA Especificación NBB/ASTM	Argentina Res SEyM N° 129 Julio 2001.
<b>Densidad a 15° C</b>	g/cm <sup>3</sup>	0.85-0.89	0.86-0.90	0.875-0.900	-----	0.875-0.900
<b>Viscosidad a 40° C</b>	mm <sup>2</sup> /s	3.5-5.0	3.5-5.0	3.5-5.0	1.9-6.0	3.5-5.0
<b>Punto de inflamación</b>	°C (min)	100	110	110	110	100
<b>Tem. de sed.</b>	°C(max)	-15	-----	-20	-----	-----
<b>Azufre</b>	% en peso	Max 0.02	0.005	0.01	Max 0.05	Max 0.01
<b>Número</b>	Cetano	Min 49	Min 51	Min 49	Min 40	46
<b>Cont. de OH<sub>2</sub></b>	mg/kg	Libre		Max 300	-----	
<b>OH<sub>2</sub> y lo sedimentos</b>	% en volumen	----- -	Max 0.05	----- ---	Max 0.05	Max 0.05
<b>Metanol</b>	% en peso	Max 0.2	-----	Max 0.3	Max 0.2	----- --
<b>Glicerina libre</b>	% en peso	Max 0.02	Max 0.02	Max 0.02	Max 0.02	Max 0.02
<b>Glicerina total</b>	% en peso	Max 0.24	Max 0.25	Max 0.25	Max 0.24	Max 0.24
<b>Número de lodo</b>		Max 120	-----	Max 115	-----	-----
<b>Fósforo</b>	mg/kg	Max 20	-----	Max 10	----- --	
<b>Contenido de álcalis (Na+K)</b>	mg/kg	-----	Max 5	Max 5	-----	Max 5

Fuente: elaborado sobre la base de Biodiesel standard y Res. SEyC N° 129

- e) No contiene azufre y por ende no genera emanaciones de esta base, las cuales son responsables de la lluvia ácida.
- f) Quema mejor, reduciendo el humo visible en el arranque en un 30 por ciento en cualquiera de sus mezclas reduce en proporción equivalente a su contenido, las emanaciones de CO<sub>2</sub>, CO, partículas e hidrocarburos aromáticos, estas reducciones están, en el orden del 15 por ciento para los hidrocarburos, del 18 por ciento para las

partículas en suspensión, del 10 por ciento para el óxido de carbono y del 45 por ciento para el dióxido de carbono. En la figura No.5 se muestran las condiciones, si se adiciona un catalizador.

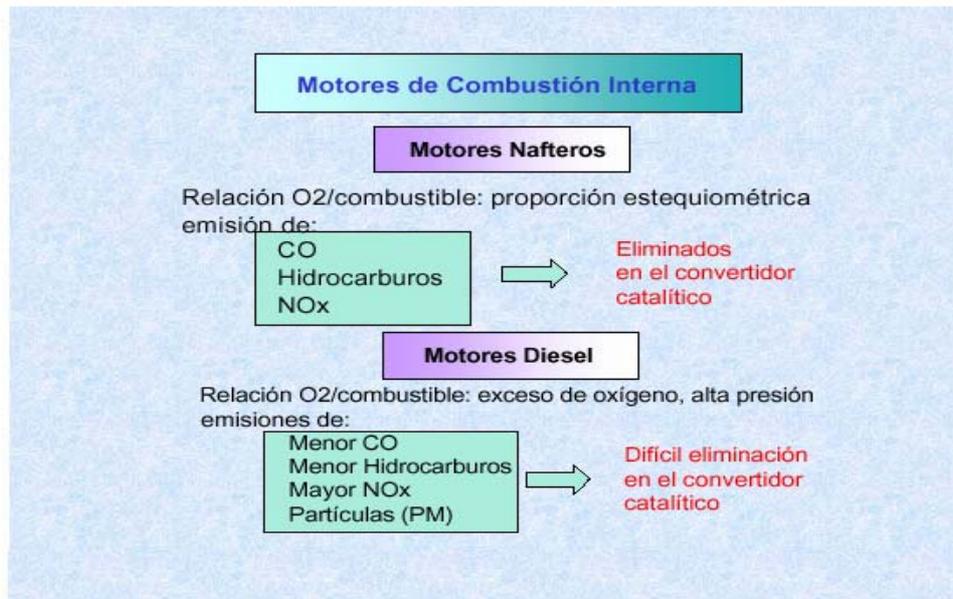
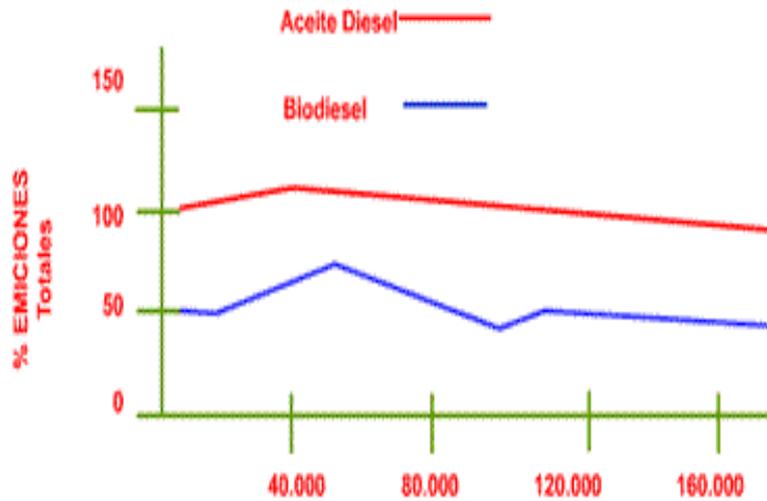


Figura 5: Motores de combustión interna con y sin convertidos catalítico

### Comparación Promediada de las Emisiones del Biodiesel Mezclado y el Aceite Diesel

Los estudios realizados para comparar las emisiones del biodiesel y el aceite diesel los llevaron a cabo la Universidad de Idaho y la compañía alemana Mercedes Benz en 1994. Los ensayos realizados fueron con mezclas al 20 por ciento de RME (Rapeseed Methyl Ester), PME (Palm Methyl Ester) y SBME, mientras que el combustible utilizado por la Mercedes Benz fue una mezcla al 20 por ciento de RME. De éstos estudios se concluyó lo siguiente: los niveles de hidrocarburos se pueden llegar a reducir con el biodiesel hasta en un 47 por ciento, el monóxido de carbono en un 12 por ciento, el dióxido de carbono en un 50 por ciento, las partículas o smoke en un 72 por ciento y los óxidos de azufre en un 99 por ciento; el estudio demostró en cambio que los óxidos de nitrógeno aumentaron hasta en un 6 por ciento, con el uso de biodiesel en comparación con el aceite diesel (ver figura No. 6) (<http://www.corpodib.com/estudios2.htm#principales>).



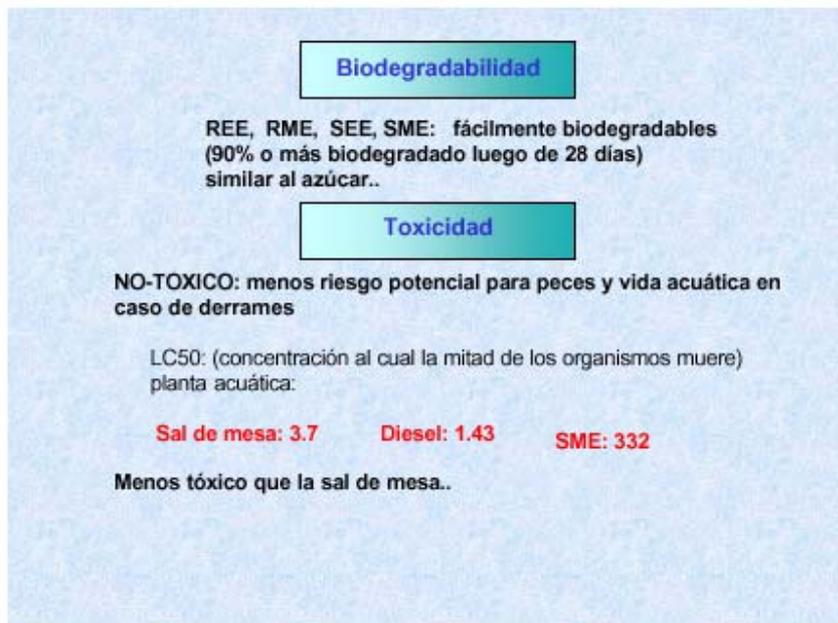
**Figura 6:** Emisiones producidas por el Biodiesel y el Aceite diesel

Los derrames de este combustible en las aguas de ríos y mares resultan menos contaminantes y letales para la flora y fauna marina que los combustibles fósiles y también se degradan rápidamente que los petrocombustibles.

(<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>)

### **Biodegradabilidad**

Estudios de evolución de CO<sub>2</sub> (test de biodegradabilidad), llevados a cabo por la Universidad de Idaho y la EPA, demostraron que el biodiesel puro RME, tiene un 84.4 por ciento de biodegradabilidad, mientras que el aceite diesel presentó un 18.2 por ciento.(ver figura No. 7), (<http://www.corpodib.com/estudios2.htm#principales>).



**Figura 7:** Biodegradabilidad y toxicidad

En el cuadro No. 13 se observa la comparación del Desempeño del Biodiesel Mezclado, Frente al Aceite Diesel en Vehículos Pick Up:

Los ensayos realizados para evaluar el desempeño del biodiesel se llevaron a cabo en la Universidad de Saskatchewan en el año de 1993, en vehículos DODGE y FORD con motor diesel, utilizándose como combustible para la prueba una mezcla comercial compuesta por un 20 por ciento en volumen de biodiesel (RME) y un 80 por ciento en volumen de aceite diesel. Este porcentaje de mezcla fue escogido ya que estudios realizados anteriormente, demostraron que mezclas superiores al 20 por ciento en biodiesel, poseen un bajo índice de cetano, lo cual afecta considerablemente el encendido del motor, mientras que mezclas inferiores en un 20 por ciento de biodiesel poseen un índice de cetano óptimo, pero su contribución a disminuir considerablemente el nivel de emisiones es poca. El combustible y el desempeño del motor se analizaron cada tres mil millas obteniéndose los siguientes resultados.

**Cuadro 13:** Desempeño de la Mezcla de Biodiesel (RME) y Aceite Diesel

Test Realizado	Resultados
Ajustes al Vehículo de Prueba	Ninguno
Seguridad del Combustible	Baja Toxicidad - Bajo Riesgo de Explosión
Torque	Aproximadamente el mismo
Caballos de fuerza	Igual
Temperaturas generadas	Bajas
BTU/ Galón	128.000 Vs 130.500 del Aceite diesel
Indice de cetano	51 vs 45 del Aceite diesel
Lubricidad	Igual
Operabilidad en invierno	Igual
Viscosidad	Mayor

Fuente: Handbook of Analytical Methods for National Biodiesel Board. Canadá. 1993

Aunque los anteriores datos fueron obtenidos a partir de pruebas con RME, estudios recientes realizados por la Universidad de Missouri con biodiesel a partir de soya, girasol y palma (Soybean Methyl Bier, Sunflower Methyl Ester y Palm Methyl Ester), demostraron que la capacidad de carga del motor no se reduce en comparación con el aceite diesel, con lo cual se concluye que un amplio espectro de aceites vegetales podrían ser utilizados sin inconveniente alguno en la producción de biodiesel (<http://www.corpodib.com/estudios2.htm#principales>).

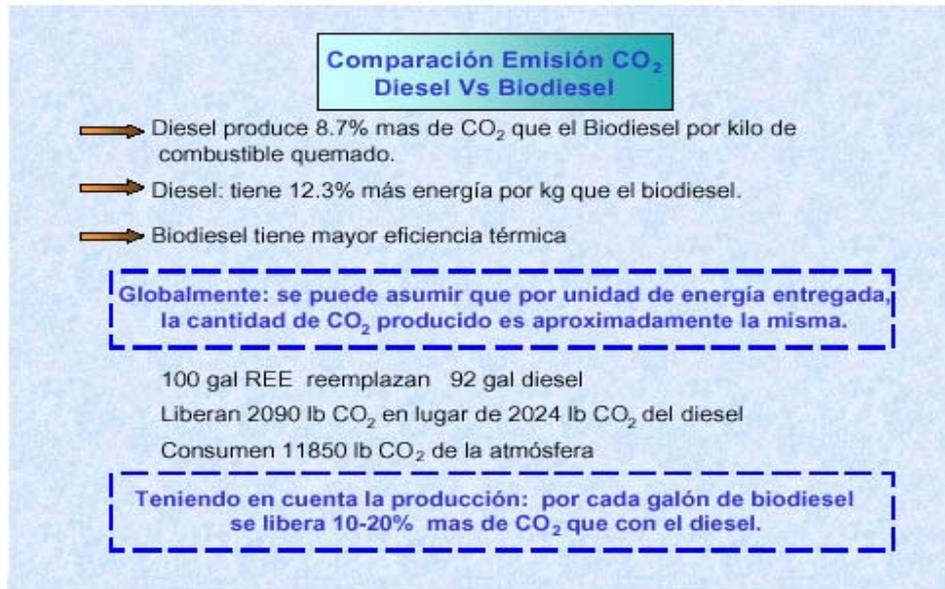
Su combustión genera menos elementos nocivos que los combustibles tradicionales reduciendo las posibilidades de generar cáncer.

Es menos irritante para la epidermis humana.

Actúa como lubricante de los motores, prolongando su vida útil.

En la figura No.8 se pueden observar las comparaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub>, entre el diesel y el biodiesel

([http://www.sagpya.mechón.gov.ar/new/o\\_o/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf](http://www.sagpya.mechón.gov.ar/new/o_o/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf)).



**Figura 8:** Comparación de Emisiones de CO<sub>2</sub> diesel y biodiesel

En función de lo expresado anteriormente pueden resumirse sus características con la figura 9.

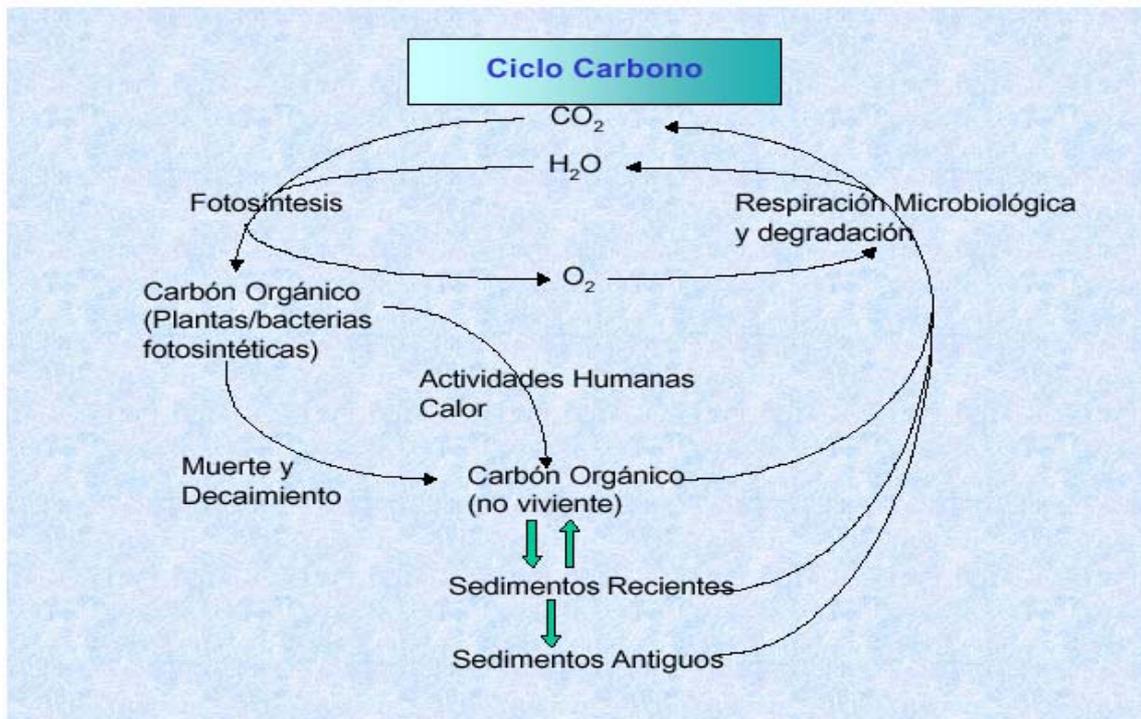


Figura 9: Ciclo del carbono

### La Producción Europea

Europa lleva varios años desarrollando su producción y las primeras fábricas instaladas lo hicieron a comienzos de la década de los 90.

Cuadro 14: Producción Europea

País	Capacidad instalada (Tn/año)	Producción (TN/año)
Alemania	550.000	415.000
Francia	290.000	286.000
Italia	240.000	160.000
Bélgica	110.000	86.000
Inglaterra	2.000	2.000
Austria	20.000	20.000
Suecia	11.000	6.000
Checoslovaquia	47.000	32.000
<b>Total</b>	<b>1.210.000</b>	<b>1.005.000</b>

Adicionalmente cabe señalar que en Francia todos los combustibles diesel poseen un mínimo del 1% de biodiesel proveniente del nabo y hasta un

máximo del 5%, mientras que en Alemania, donde el precio del biodiesel (exento de impuestos) es similar al del petrodiesel con impuestos, este combustible se comercializa en mas de 350 estaciones de servicio y su empleo es normal en los cruceros turísticos que navegan en sus lagos.

### **Oferta y Demanda de Biodiesel para México**

En el cuadro No. 15 podemos observar la oferta y demanda del biodiesel en diferentes mezclas ([http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel\\_Presentacion\\_DF\\_23-Nov-2006.pdf](http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel_Presentacion_DF_23-Nov-2006.pdf))

### **BIOETANOL**

A finales del siglo XIX se descubre uno de los grandes inventos de la ciencia: se trata del motor naftero ciclo OTTO (a expulsión). Da origen a otro descubrimiento que fue el automóvil.

Años más tarde Henry Ford aseguró que los combustibles del futuro iban a ser derivados del petróleo hasta esta época, donde las condiciones ambientales reinantes hacen pensar en un sustituto del petróleo por las fuentes renovables.

**Cuadro 15: Oferta y demanda del biodiesel**

		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Consumo de petrodiesel actual y proyectado</b>										
Consumo de diesel	1,000 barril/día	286	294	302	310	319	328	337	347	356
Mezcla B-5	1,000 barriles/día	14	15	15	16	16	16	17	17	18
Mezclas B-10	1,000 barriles/día	29	29	30	31	32	33	34	35	36

Mezcla B-20	1,000 barriles/día	57	59	60	62	64	66	67	69	71
Número de plantas requeridas para abastecer un escenario de B-5										
Plantas agrícolas	5,000 t/a	146	150	154	158	163	167	172	177	182
Plantas industriales	100,000 t/a	7	8	8	8	8	8	9	9	9
Número de plantas requeridas para abastecer un escenario B-10										
Plantas agrícolas	5,00 t/a	292	300	308	317	325	335	344	354	364
Plantas industriales	100,000 t/a	15	15	15	16	16	17	17	18	18
Número de plantas requeridas para abastecer un escenario de B-20										
Plantas agrícolas	5,000 t/a	584	600	617	633	651	669	688	708	728
Plantas industriales	100,000 t/a	29	30	31	32	33	33	34	35	36

### ¿Qué es el Bioetanol?

Se le denomina así al alcohol etílico deshidratado (99.4 por ciento de pureza), utilizado en motores a (explosión), que sustituye a la nafta en forma parcial y/o total. Estos alcoholes tienen un alto contenido de oxígeno.

Es un biocombustible líquido, producido a partir de la fermentación de productos renovables (azucarados) como la remolacha y la caña de azúcar. También puede obtenerse de los granos de cereales (trigo, la cebada, el maíz), previa hidrólisis o transformación de azúcares fermentables del almidón contenido en ellos. Puede utilizarse en su obtención otras materias primas menos conocidas, como el sorgo dulce y la patata, que 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 ([http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4\\_Biocarburantes\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf)).

El etanol que proviene de los campos e cosechas (bioetanol) se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas

medioambientales y económicas a lo largo plazo en contra producción a los combustibles fósiles. Se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar. ([http://www.iso21.es/wp-content/uploads/2006/12/11-06\\_ballesteros.pdf](http://www.iso21.es/wp-content/uploads/2006/12/11-06_ballesteros.pdf)).

El compuesto químico etanol, o alcohol etílico, es un alcohol que se presenta un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78° C. Al mezclarse con agua en cualquier proporción, da una mezcla azeotrópica con un contenido de aproximadamente el 96 % de etanol ([http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))).

Su formula química es  $\text{CH}_3 \text{CH}_2 \text{--OH}$ , principal producto de las bebidas alcohólicas; este se conoce desde tiempos remotos, esto apenas esta tomando su importancia principalmente por el alto costo de los combustibles a base de petróleo. En muchos países la gasolina contiene un 10% de etanol de acuerdo con la OCDE.

### **Procesos de Obtención**

Las plantas almacenan en forma de hidratos de carbono una parte importante de la energía solar que captan. Estos hidratos de carbono se presentan en forma de monosacáridos (glucosa, fructuosa), disacáridos (sacarosa, maltosa, lactosa, etc) y polisacáridos (almidón, glucógeno, celulosa). Según el tipo de biomasa de que partamos, es decir, según los hidratos de carbono que compongan dicha biomasa, los procesos de obtención del alcohol son más o menos complicados. La viabilidad técnica y económica de estos procesos deberá ser evaluada en función de dicha composición, estudiando especialmente el rendimiento de la fermentación ([http://www.aepro.com/congreso\\_03/pdf/sostienepereira@hotmail.com\\_c626716feca9b068ed2728e117e66c6f.pdf](http://www.aepro.com/congreso_03/pdf/sostienepereira@hotmail.com_c626716feca9b068ed2728e117e66c6f.pdf)).

El bioetanol se produce, como ya se menciono antes, a partir de la fermentación de mostos azucarados,

para cuya obtención existen tres vías posibles (<http://www.alibio.com.ar/alibio/bioetanol.htm>):

- a) Por fermentación anaeróbica directamente a partir de biomasa azucarada, (es decir, productos agrícolas ricos en azúcares, tales como la remolacha y la caña de azúcar) con levadura en solución acuosa y posterior destilación. La aplicación principal tradicional ha sido la producción de bebidas alcohólicas.
- b) Mediante hidrólisis convencional (moderada y enzimática), de biomasa amilacea, productos agrícolas ricos en almidón, tales como los cereales y la patata. Mediante el proceso de hidrólisis se consigue aflorar los azúcares, glucosa y/o fructosa, que formarán parte del mosto azucarado.
- c) Mediante hidrólisis fuerte (ácida o enzimática) de biomasa lignocelulósica, productos agrícolas que contienen celulosa, como son los materiales de orden leñoso.

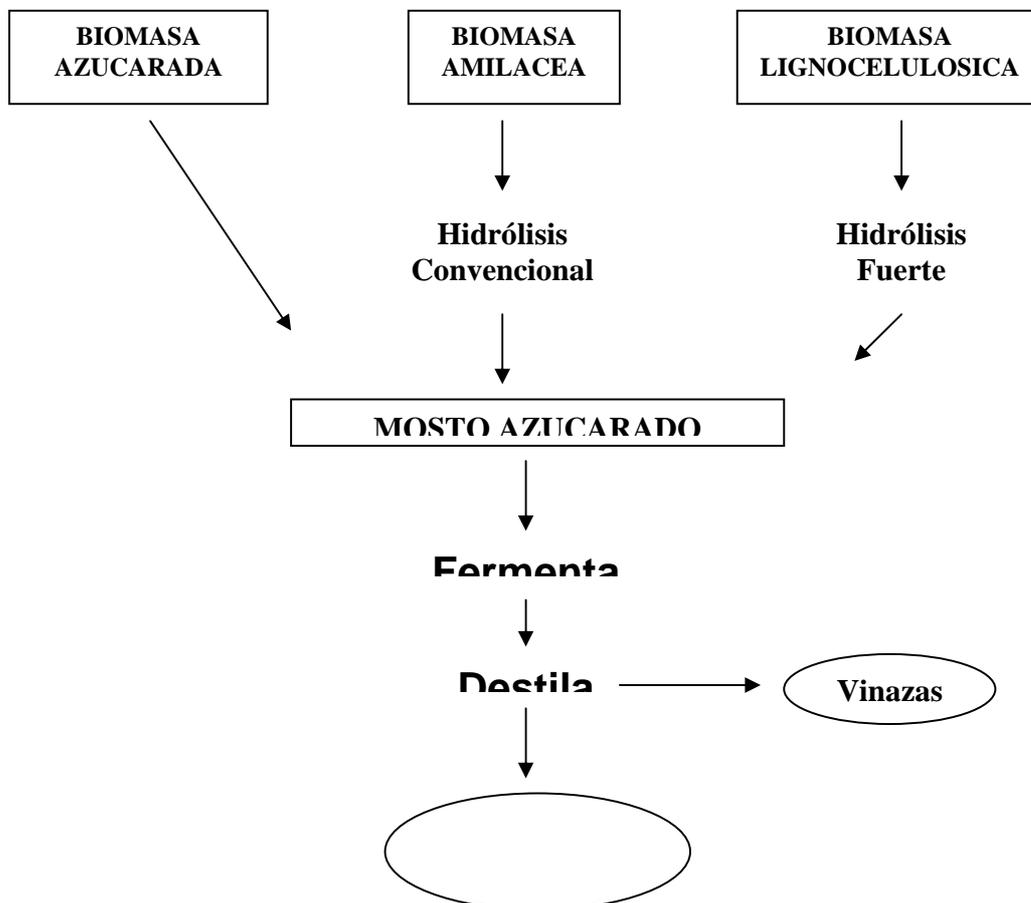
Las dos primeras vías son las más empleadas en la actualidad pues son procesos perfectamente conocidos por las industrias agrícolas. Por el contrario, la tercera está aún en fase de desarrollo presentándose, no obstante, como la gran alternativa de producción de bioetanol en el futuro, dado el bajo precio de biomasa lignocelulósica en relación a la biomasa azucarada y amilácea.

En la producción de etanol a través de celulosa se necesita tratar previamente la material vegetal para que la celulosa pueda ser atacada por las enzimas hidrolizantes. El pre-tratamiento puede consistir en una combinación de trituración, pirólisis y ataque con ácidos y otras sustancias. Esto es uno de los factores que explican por qué los rendimientos en etanol son altos para la caña de azúcar, mediocres para el maíz y bajos para la madera, y ahora ya se han descubierto procesos que rebajan a la mitad el costo usando amoniaco líquido ([http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible)))).

Los procesos a partir de almidón es más complejo que a partir de sacarosa porque el almidón debe ser hidrolizado previamente para convertirlos en azúcar. Para ello se mezcla el vegetal triturado con agua y con una enzima (o en su lugar con ácido) y se calienta la papilla obtenida a 120- 150 °C. Luego se cuele la masa, en un proceso llamado escarificación, y se envía a los procesos de fermentación.

La fermentación de los azúcares es llevada a cabo por microorganismos (levaduras o bacterias) y produce etanol así como grandes cantidades de  $CO_2$ . Además produce otros compuestos oxigenados indeseables como el metanol, alcoholes superiores, ácidos y aldehídos. Típicamente la fermentación requiere unas 48 horas.

En la figura No. 10 se muestra el proceso de extracción según <http://www.alibio.com.ar/alibio/bioetanol.htm> :



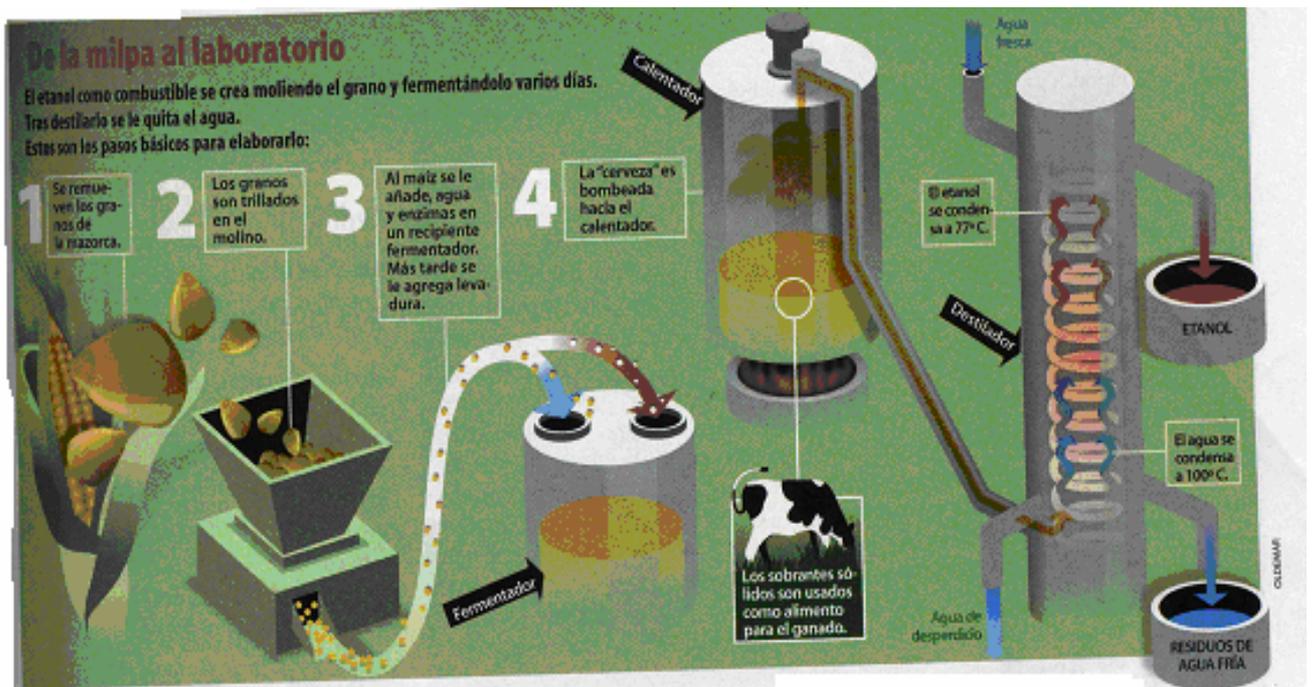
## BIOETAOL

Figura 10: Proceso de obtención del etanol.

Según Fuentes (2006) el proceso del etanol a partir del maíz se crea moliendo el grano y fermentándolo varios días, tras destilarlo se le quita el agua. Estos pasos se muestran en la figura 11.

### Purificación

El método más antiguo para separar el etanol del agua es la destilación simple, pero la pureza está limitada a un 95- 96% debido a la formación de un azeótropo de agua- etanol de bajo punto de ebullición. En el transcurso de la destilación hay que desechar la primera fracción que contiene principalmente metanol, formado en reacciones secundarias. Aún hoy, éste es el último método admitido para obtener etanol para el consumo humano (([http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible)))).



**Figura 11** : proceso de obtención del etanol a partir del maíz.

Para poder utilizar el etanol como combustible mezclándolo con gasolina, hay que eliminar el agua hasta alcanzar una pureza del 99.5 al 99.9%. el valor exacto depende de la temperatura, que determina cuándo ocurre la separación entre las fases agua e hidrocarburos.

Para obtener etanol libre de agua se aplica la destilación azeotrópica en una mezcla con benceno o ciclohexano. De estas mezclas se destila a temperaturas más bajas el azeótropo, formado por el disolvente auxiliar con el agua, mientras que el etanol se queda retenido. Otro método de purificación muy utilizado actualmente es la adsorción física mediante tamices moleculares.

### Síntesis Química

El etanol para uso industrial se suele sintetizar mediante hidratación catalítica del etileno con ácido sulfúrico como catalizador. El etileno suele provenir del etano (un componente del gas natural) o de nafta (un derivado del petróleo). Tras la síntesis se obtiene una mezcla de etano y agua que

posteriormente hay que purificar mediante alguno de los procesos descritos anteriormente.

Según algunas fuentes, este proceso es más barato que la fermentación tradicional pero en la actualidad representa sólo un 5% de la capacidad mundial de producción de etanol.

Un balance aproximado para la producción de un litro de bioetanol se necesitarían 2.5-3 kg de granos de cereal, mientras que si la materia prima elegida es la remolacha o la caña de azúcar las cantidades requeridas ascenderían a 10 kg de 15-20 kg, respectivamente.

### **Principales Co- productos en su Proceso Productivo Integral**

Según <http://www.alibio.com.ar/alibio/bioetanol.htm>:

- Maíz: Granos destilados secos y solubles (DDGS).
- Sorgo granífero: Granos destilados secos y solubles (DDGS).
- Caña de azúcar: biomasa.

### **Ventajas**

- Puede ser producido a partir de fuentes renovables.
- Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como naftas y el diesel.
- Produce menos bióxido de carbono al quemarse que la nafta, pero el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.
- Resulta menos inflamable que los derivados del petróleo.

- Baja toxicidad.
- Además, el alcohol grado carburante deshidratado, puede servir como base para pinturas, para mezclas con solventes industriales, para recubrimientos y uno más amplio en cosmética y perfumería.

### **Limitaciones**

- Presenta una menor densidad de energía que las naftas, contiene dos terceras partes de la energía contenida para el mismo volumen de naftas.
- Genera emisiones altamente evaporativas.
- Presenta dificultades para encender en climas de fríos, en estado puro, se conoce como E-100.

### **Mezclas Combustibles con Etanol**

El Bioetanol ofrece diversas posibilidades de mezclas para la obtención de biocombustibles. Puede mezclarse con gasolina en cantidades variables para reducir el consumo de derivados del petróleo. También se utiliza y cada vez más, como añadido para oxigenar la gasolina estándar, como reemplazo para el metil tert- butil éter. Este último es responsable de una considerable contaminación del suelo y agua subterránea([http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))).

Cuando mayor es el contenido de etanol en una mezcla de gasohol, más baja es su convivencia para los motores corrientes de automóvil. El etanol puro reacciona o se disuelve con ciertos materiales de goma y plásticos y no debe utilizarse en motores sin modificar. Además, el etanol puro tiene un octanaje mucho más alto (116 AKI, 129 RON) que la gasolina común (86/87 AKI, 91/92 RON) por lo tanto hay que cambiar el cociente de compresión a la sincronización de la chispa para obtener el rendimiento máximo.

**E5:** El biocombustible E5 significa una mezcla del 5 por ciento de bioetanol y el 95 por ciento de gasolina normal. Esta es la mezcla habitual y mezcla máxima autorizada por la unión europea (<http://biocombustibles.es/bioetanol.htm>).

**E10:** El biocombustible E10 significa una mezcla del 10 por ciento de bioetanol y el 90 por ciento de gasolina normal. Esta mezcla es la más utilizada en EEUU ya que hasta esta porción de mezcla los motores de los vehículos no requieren ninguna modificación y e incluso produce la elevación del un octano en la gasolina mejorando su resultado y obteniendo una notable reducción en la emisión de gases contaminantes.

**E85:** Mezcla de 85 por ciento de bioetanol y 15 por ciento de gasolina, utilizada en vehículos con motores especiales. En EEUU las marcas más conocidas ofrecen vehículos adaptadas a estas mezclas. También se comercializan, en algunos países (EEUU, Brasil, Suecia,...) los llamados vehículos FFV (Flexible Fuel Vehicles) o vehículos de combustibles flexibles con motores adaptados que permiten una variedad de mezclas.

**E95 y E100:** Mezclas hasta el 95 por ciento y 100 por ciento de bioetanol son utilizados en algunos países como Brasil con motores especiales.

**E-DIESEL:** El bioetanol permite su mezcla con gasoil utilizando un aditivo solvente y produciendo un biocombustible diesel el E-Diesel, con muy buenas características en cuanto a combustión y reducción de contaminación ofreciendo así alternativas al bioetanol en el campo de vehículos diesel. Ya se comercializa con éxito en EEUU y Brasil y pronto hará su aparición en España y Europa.

**ETBE:** No se comercializa como un biocombustible, sino que se utiliza como un aditivo de la gasolina. El ETBE (etil ter- butil eter) se obtiene por síntesis del bioetanol con el isobutileno, subproducto de la destilación del petróleo. El ETBE posee las ventajas de ser menos volátil y más miscible con la gasolina que el propio etanol y, como el

etanol, se aditiva a la gasolina en proporciones del 10 - 15 por ciento. La adicción de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo.

Va en aumento el número de vehículos en el mundo que se fabrican con motores que pueden funcionar con cualquier gasolina a partir del etanol de la 0 por ciento hasta el etanol del 85 por ciento sin modificación.

### **Costos de Producción**

Los costos de producción del bioetanol dependen en gran medida de los costos de la materia prima utilizada, en particular de los distintos cultivos empleados. También dependen del tamaño de las plantas de producción así como de las políticas gubernamentales. Por estos motivos los costos de producción varían significativamente de unas regiones a otras (<http://www.alibio.com.ar/alibio/bioetanol.htm>).

También dependen del país de producción. Así, en EEUU les sale bastante caro porque usan el maíz. En Brasil, la diferencia del costo es bastante elevada según <http://www.biocarburante.com/el-precio-del-bioetanol/>.

Si la gasolina cuesta a los españoles 0.48 euros/ litros más impuestos, para que el etanol salga rentable deberá tener un costo de producción menor y que los motores adaptados no cuesten más según: <http://www.biocarburante.com/bioetanol-del-maiz-y-se-activa-la-economia-mundial/>

El bioetanol del maíz y si activa la economía mundial, EEUU fabrica bioetanol (sustituto de la gasolina) a partir del maíz, del que es primer productor mundial y a buen seguro tiene excedentes.

Para 2010 necesitarán tanto maíz como la parte de su producción con lo que disminuirán las exportaciones y permite a otros países de Sudamérica entrar en el mercado con este cereal potenciando su economía.

El crecimiento en la producción de bioetanol en algunos países, tendrán un impacto en la demanda global de maíz y, por ende, en los precios internacionales.

### **Costos en México**

Según

[http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio\\_Sener\\_Act\\_4.pdf](http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio_Sener_Act_4.pdf).

Para producir 1 litro de etanol se necesitan:

3 kg de grano de cereal

10.5 kg. De remolacha

1 ha = 2500 - 3000 kg de trigo

1 ha = 90000- 100000 kg de remolacha

Producción de bioetanol/ha

- 1 Ha de cereal: entre 800 - 1000 l de etanol
- 1 Ha de remolacha: entre 8500 - 9000 l de etanol.
- Se necesitan 9 veces más hectáreas de cereal (13500 ha r./121500 ha cereal).

### **Costos y litros por ton**

A) Jugo de caña (guarapo) (14.5 por ciento de azúcares fermentables en tallos).

80 litros de Bioetanol por tonelada de caña.

- Costo primo con caña de temporal por litro
- $\$ 236.47/80 \text{ litros} = \$ 2.96$
- Costo primo can caña de riego por litro de Bioetanol
- $\$ 2.10.74/80 = 2.63$

B) Cosechando caña integral, el esquilmo \*\* (jugo mas bagazo).

- 138 litros de Biodiesel por tonelada de caña completa.
- Costo primo por litro de Bioetanol con caña de temporal \$  
236.47/138 litros= \$1.71
- Costo primo por litro de Bioetanol con caña de riego  
\$210.74/138 litros = \$1.53

\*\* Esquilmo como fuente de energía para el proceso. En adicción a la lignina separada de las celulosas del gabazo.

Rendimientos esperados por tonelada de Remolacha: Bioetanol 98 litros

Fuente: The Biotechnology of athanol.Wiley-VHC.

El Sorgo en Grano alcanza un poco más de 2 toneladas por hectárea, los rendimientos esperados por tonelada procesada: bioetanol 400 litros.

Costo de la materia prima a bioetanol:540 toneladas

Costo primo por litro de Bioetanol: \$ 1.35

**Cuadro 16:** costos de la materia prima por litro de bioetanol.

Cultivo	Costo primo/lt Bioetanol
Caña guarapo-riego	\$ 2.63
Caña entera - riego	1.53
Caña guarapo- temporal	2.96
Caña entera - temporal	1.71
Maíz - riego	1.96
Trigo gano - riego	2.96
Trigo Paja	0.87
Remolacha - riego	2.22
Sorgo - temporal	1.35

La producción media de etanol es de 400 litros por tonelada de maíz. Del maíz en zonas de riego, la producción es de 8 a 10 toneladas por hectárea. Así se obtiene un costo aproximado de \$ 0.29 dólares por litro, es decir, \$ 3.17 pesos por litro de etanol.

De ahí la importancia que tienen los híbridos de maíz para lograr altos rendimientos en toneladas y en contenido de almidón para la producción de etanol.

La idea de utilizar híbridos específicos para la producción de etanol es seductora. Un número de empresas productoras de semillas de maíz han identificado híbridos que impulsan los rendimientos de etanol de un 2 a un 4 por ciento por encima del promedio del maíz normal.

Un ejemplo, una planta de etanol que produce 150 millones de litros al año, podría utilizar un maíz que incremente la cantidad de etanol en un 4 por ciento, así obtendría fácilmente un millón de dólares mas en sus ingresos.

## **PRODUCCIÓN Y USO**

### **Etanol como Combustible en Colombia:**

El etanol como combustible de Colombia comenzó en 2002 año que el gobierno aprobó una ley que obliga al enriquecimiento en oxígeno de la gasolina. Esto se hizo inicialmente para reducir las emisiones de monóxido de carbono de los coches. En Colombia el precio de la gasolina y del etanol es controlado por el gobierno [http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible)).

Al principio todo el interés en la producción del etanol venía de la industria de azúcar existente, ya que es relativamente fácil añadir un modulo para desarrollar etanol al final de una fabrica de azúcar y las necesidades energéticas son similares a las que se necesitarían para producir azúcar.

La primera planta de etanol en Colombia comenzó a producir en octubre de 2005, con una salida de 300,000 litros al día.

### **Etanol como Combustible en Brasil**

En 2006, Brasil es el mayor productor y consumidor de etanol como combustible en el mundo. Desde los años 1980, Brasil ha desarrollado una extensa industria doméstica del etanol como combustible a partir de la producción y la refinación de la caña de azúcar. Brasil produce aproximadamente 15 millones de m<sup>3</sup> de etanol al año. Desde 2003, muchos automóviles han incorporado la tecnología de motor flexible, que permite mezclar etanol y gasolina en el tanque y poder funcionar con cualquier mezcla de ambos.

Brasil, país que no produce gasolina, logró sustituir su importación de petróleo por la aplicación de alcohol. Actualmente, se encuentra en una fase de equilibrio, en donde utiliza una mezcla de etanol o gasolina. El etanol tiene más o menos un 22 por ciento de concentración en gasolina y permitió mejorar la atmósfera de Sao Paulo de manera notable.

### **Etanol como Combustible en EEUU**

Una crítica del uso del etanol en los Estados Unidos es su disponibilidad. Apenas 600 gasolineras, de un total de 200,000 tienen surtidores E85. A la fecha de 27 de abril de 2006, en EEUU hay una capacidad productiva de 4485.9 millones de galones al año.

En los EEUU el consumo de maíz para fabricar Bioetanol en el año de 2005 alcanzó, 33.61 millones de ton, es decir el 11.2% de la producción nacional del grano; consumo que se elevará a 68.33 millones en el año 2012, aproximadamente el 22% de la producción estimada en la Unión Americana para ese año, de 313 millones de tonelada.

## **Etanol como Combustible en Europa**

En los últimos años las empresas de automóviles europeas comienzan a desarrollar nuevos modelos optimizados para el mejor aprovechamiento del combustible vegetal. En cuanto a la producción en Europa, España es el país con mayor producción con alrededor del 30% de los 900 millones de litros de capacidad instalada en 2005.

## **La Situación del Etanol en México**

El senado de la Republica aprueba la ley para la Promoción y el Desarrollo de los bioenergéticos con la que se podrán producir combustibles a partir del maíz, caña de azúcar y diversas oleaginosas. La legislación exige que apartir del año 2007, las gasolinas deben contener 6% de etanol como aditivo en cada litro de gasolina. Para darnos una idea de su impacto es conveniente saber que esta combinación reducirá las emisiones de monóxido de carbono hasta 30% en la zona metropolitana del Distrito Federal.

Los primeros que se oponen a este camino verde son las autoridades de Petróleos Mexicanos (PEMEX). Shields explica por que: "PEMEX no esta interesado en utilizar el etanol para oxigenar las gasolinas por que siempre a utilizado metil-terbutil-éter (MTBE) que le ha resultado muy practico". También comenta que para la paraestatal le sería complicado utilizar el etanol en lugar de los combustibles tradicionales porque le obligaría a readecuar las refinerías, los tanque, las pipas y las tuberías y añade que una nueva red sería demasiado costosa para la empresa, por lo que en este momento, se antoja inviable.

## **Otros Países**

En la ciudad de Estocolmo, Suecia, se emplea alcohol de desechos de la industria maderera, uno de los motores agroindustriales del país y que apartir de aserrín,

transforman la material en azúcar, fermentándolo y produciendo alcohol.

Alemania usa cerca de 1,700 millones de litros de biodiesel al año más o menos 3 por ciento de su consumo total del diesel.

## CONCLUSIONES

No se ha encontrado un biocombustible líquido (bioetanol y biodiesel) que sea más ventajoso uno del otro (la elección dependerá del fin al que se destine), ni siquiera por su costo, que varía en función de diversos factores: materias primas utilizadas, precio en el mercado en los subproductos y derivados producidos con el biocombustible, costo de la energía y tecnología utilizada en el proceso de transformación.

Los biocombustibles se encuentran en un estado de desarrollo tecnológico aún muy joven.

Aunque los biocombustibles sustituyan en algún porcentaje el uso de petróleo, se necesitan grandes áreas de producción agrícola industrial intensa, incrementando el uso de agroquímicos que erosionan y contaminan el suelo y agua, además de disputar esas áreas a la producción de alimentos. Según el investigador Lester Brown (citado por Tokar), "a hora son los autos, no la gente, los que demandan la producción anual de cereales. La cantidad de granos que se requieren para llenar el tanque de una camioneta SUV con etanol es suficiente para alimentar a una persona durante un año".

El uso de biocombustibles se sustituyen una fuente de energía fósil por una renovable. De esta manera, se evita la adicción de nuevas unidades de  $CO_2$  (dióxido de carbono) al aire, reduciendo el impacto en el medio ambiente.

## **BIBLIOGRAFIA:**

Sánchez I. 2007. Detona Etanol Oportunidades, El Surco. Trimestral, México. Pp 2-4

Parfit M. 2005. ¡Soy Libre!. National Geographic En Español. Agosto. México. Pp 2-27.

Fuentes V. 2006. ¿Magna, Premium o Elote?, Quo. Julio, México. Pp 41-47.

Sánchez I. 2007. Negocio Bien Aceitado, El Surco, Trimestral. Trimestral México. Pp 8-9.

Energía a partir de cultivos agrícolas, Teorema Ambiental, Octubre – Noviembre 2003. Pp 86-87.

Sánchez I. 2006. Biodiesel: Combustible Renovable. El Surco. Trimestral México. Pp 2-4.

Perea E. 2006. Producción de etanol en MÉXICO. 2000 Agro. Agosto- Septiembre. Pp 32-36.

Calvo S. 1999. El Gran Diccionario del medio Ambiente y de la Contaminación. Editorial Mundi Prensa. México.

Fragaso J 2007. Etanol: ¿la Varita mágica?. Vanguardia 24 de enero. P 10ª.

Delgado F. 2006. Biocombustible de Higuierilla. 2000 Agro México. Pp 29-30.

Herrera N. 2006. Los otros usos del Maíz. 2000 Agro. México. Pp 37-38.

Worldwatch. 2006. Biocombustibles la carrera contra el petróleo. Teorema Ambiental. Agosto- Septiembre. Pp 14-18.

Gutiérrez E. 2007, Factores Externos Agravarían Situación del maíz, El Financiero. Pp 3a

[http://www.biocombustibles.es/cn\\_extraccion\\_refinado.htm](http://www.biocombustibles.es/cn_extraccion_refinado.htm)

[http://www. Biocombustibles.es/bioetanol.htm](http://www.Biocombustibles.es/bioetanol.htm)

<http://www.biocarburante.com/el-precio-del-bioetanol/>

<http://www.biocarburante.com/bioetanol-del-maiz-y-se-activa-la-economia-mundial/>

<http://www.quimicauniversal.com/Hemeroteca/ArticuloCompleto.asp?ID=7609>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol\\_\(combustible\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Etanol_(combustible))

[http://.wwwison21.es/wp\\_content/uploads/2006/12/11-06\\_ballesteros.pdf](http://.wwwison21.es/wp_content/uploads/2006/12/11-06_ballesteros.pdf)

<http://www.elsantafesino.com/sociedad/2006/05/22/4603>

[http://www.secyt.gov.ar/noti\\_biocombustible.htm](http://www.secyt.gov.ar/noti_biocombustible.htm)

<http://www.bioenergy-lamnet.org/publications/source/chile/WG3-3-LAMNET-Chile-1104-Parra.pdf>.

<http://www.avila-energy.com/pdf/5jornadas/Ponencias/M2P1.pdf>

<http://www.taller.org.ar/Energia/Renovables/Biocombustibles.pdf>

<http://infoagro.net/shared/docs/a2/ACF2B8B.pdf>

<http://pdf.rincondelvago.com/bioetanol.html>

<http://www.cch.unam.mx/xvferiadelasciencias/componentes/biodieselnotas.pdf>

[http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel\\_Presentacion\\_DF\\_23-Nov-2006.pdf](http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/6569/1/Biodiesel_Presentacion_DF_23-Nov-2006.pdf)

<http://www.alibio.com.ar/alibio/bioetanol.htm>

<http://es.wikipedia.org/wiki/sorgo>

<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/otros/biodiesel/Master.pdf>

<http://biodiesel.8k.com/#seeds>

<http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4427/1/semblanza.pdf>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Biodi%C3%A9se>

<http://www.corpodib.com/estudios2.htm#principales>

<http://www.fi.uba.ar/materias/6756/clase%20bioetanol%20C%20005.pdf>

<http://www.bioenergy-lamnet.org/publications/source/chile/WG3-3-LAMNET-Chile-1104-Parra.pdf>

<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revista/127/ca127.pdf>

[http://www.aepro.com/congreso\\_03/pdf/](http://www.aepro.com/congreso_03/pdf/)

<http://www.avila-energy.com/pdf/5jornadas/Ponencias/M2P1.pdf>

[http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio\\_Sener\\_Act\\_4.pdf](http://www.energia.gob.mx/work/sites/SenerNva/resources/LocalContent/5546/1/Bio_Sener_Act_4.pdf)

[http://www.enciga.org/boletin/61/biocombustibles\\_bioetanol\\_y\\_biodiesel.pdf](http://www.enciga.org/boletin/61/biocombustibles_bioetanol_y_biodiesel.pdf)

<http://infoagro.net/shared/docs/a2/ACF2B8B.pdf>

[http://www.secyt.gov.ar/coopinter\\_archivos/empresas/03.ppt](http://www.secyt.gov.ar/coopinter_archivos/empresas/03.ppt)

<http://www.corpodib.com/estudios1.htm>

<http://www.corpodib.com/estudios2.htm>

[http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN\\_JUAN/712/biodiesel.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2004/SAN_JUAN/712/biodiesel.htm)

[http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4\\_Biocarburantes\\_liquidos\\_biodiesel\\_y\\_bioetanol.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/doc/VT/vt4_Biocarburantes_liquidos_biodiesel_y_bioetanol.pdf)

[http://www.ison21.es/wp-content/uploads/2006/12/11-06\\_ballesteros.pdf](http://www.ison21.es/wp-content/uploads/2006/12/11-06_ballesteros.pdf)

[http://www.biocombustibles.es/info\\_biocombustibles.htm](http://www.biocombustibles.es/info_biocombustibles.htm)

<http://www.chilecientifico.cl/modules.php?name=News&file=article&sid=244>

<http://www.larevistaintegral.com/articulo.jsp?id=134828>

<http://www.jornada.unam.mx/2006/11/23/index.php?section=opinion&article=024a2pol>

<http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/oleaginosa/varios02.pdf>

[http://www.imacmexico.org/ev\\_es.php?ID=33288\\_201&ID2=DO\\_TOPIC](http://www.imacmexico.org/ev_es.php?ID=33288_201&ID2=DO_TOPIC)

<http://www.bcr.com.ar/pagcentrales/publicaciones/images/pdf/BIOCOMBUSTIBLES.PDF>

