

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Etanol, Biocombustible alternativo.

Por:

GABINO RUIZ DÍAZ

MONOGRAFIA

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como
Requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Asesor principal

MC. Jesús R. Valenzuela García

Sinodal

Sinodal

MC. Rafael de la Rosa Gonzales

MC. Héctor Uriel de la Serna Fernández

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, febrero del 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

" ANTONIO NARRO "

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



ETANOL, BIOCOMBUSTIBLE ALTERNO

Por:

GABINO RUIZ DIAZ

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el

Título de:

INGENIERO MECANICO AGRICOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2006

Agradecimientos

Gracias a dios, por la ayuda espiritual brindada durante todos mis estudios, pero sobre todo por la paciencia que me dio para no desesperar en este camino tan largo, pero que valió la pena al final.

Gracias mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por dar la oportunidad a muchos estudiantes a lograr sus metas, y en especial a mi persona.

Gracias a todos los maestros del departamento de maquinaria agrícola, MC. Héctor Uriel Serna, Ing. Juan Arredondo Valdez, MC.Tomas Gaytan Muñiz, MC.Juan Antonio Guerrero Hernández, Dr. Martín Cadena Zapata, Ing. Rosendo González Garza, MC.Ramiro Luna Montoya, Jesús Rodolfo Valenzuela y Blanca Elizabeth de la Peña Casas. Por la paciencia que me tuvieron como estudiante y los conocimientos brindados hacia mi persona.

Gracias a todos mis compañeros de generación (CII) por la amistad mostrada durante estos cuatro años y medio y por el compañerismo que identifiqué a esta generación.

Gracias a toda la familia primos, tíos, abuelitos, por los consejos que me dieron durante mis estudios, por los ánimos que me dieron cuando los necesitaba, por todo gracias.

A mis amigos Daniel Nájera Bayona, Pasiano Rivas, David Nájera Bayona y Humberto Guerrero García por el apoyo moral y consejos que me dieron durante toda mi carrera.

Al MC. Rafael de la Rosa Gonzales por haberme ayudado a terminar este proyecto

Dedicatorias

Este trabajo esta dedicado muy especialmente para mis padres por haberme dado la mejor herencia la educación:

Pascuala Díaz Soto y Jerónimo Ruiz Romero

Por todos los sacrificios hechos para lograr que yo terminara mis estudios.

A mis hermanos:

Ana Luz

Olga

Hugo

A mi sobrinito:

Carlos Daniel

A mi primo

Lalo Ortiz Díaz

A mi amigo

MC. David Nájera Bayona

A mi padrino de generación

MC. Jesús R. Valenzuela García

¡PARA SABER QUIEN ES QUIEN HAY QUE ESCUCHAR LOS CORRIDOS ¡

Índice

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- OBJETIVO	3
III.- REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Dependencia del petróleo.....	4
3.1.1 Demanda de petróleo.....	6
3.1.2 Crisis histórica.....	6
3.1.3 Pico del petróleo	7
3.2 Efectos medioambientales de los combustibles fósiles.....	8
3.2.1 Lluvia acida.....	9
3.2.2 Cenizas.....	9
3.2.3 Calentamiento global.....	9
3.2.4Recuperación y transporte de petróleo.....	10
3.3 Futuro y fuentes de energía alternativas	11
3.4 Biocombustibles	12
3.4.1 La obtención de biocombustibles.....	14
3.5 Biodiesel.....	16
3.5.1 Reacciones y síntesis	16
3.5.2 Materias primas.....	17
3.5.3 Procesos industriales.....	17
3.5.3.1 Ventajas.....	17
3.5.3.2 Inconvenientes.....	18
3.5.4 Estándares y regulación.....	19
3.6 El etanol	20
3.6.1 Otras constantes	22
3.6.2 Síntesis	22
3.6.3 Destilación	22
3.6.4 El potencial del etanol.....	23

3.6.5 Las ventajas ambientales del etanol	25
3.6.6 Las otras caras de los biocombustibles	25
3.6.7 Países en desarrollo independientes del petróleo.....	26
3.6.8 Los cultivos de energía futuros	27
3.6.9 Producir etanol no es suficiente	28
3.7 Etanol (combustible).....	31
3.7.1 El etanol como combustible verde	32
3.7.2 Fuentes y proceso de fabricación	34
3.7.2.1 Fermentación.....	34
3.7.2.2 Sustancias con alto contenido de sacarosa	34
3.7.2.3 Sustancias con alto contenido de almidón	35
3.7.2.4 Sustancias con alto contenido de celulosa	35
3.7.3 Purificación	37
3.7.4 Síntesis química	38
3.7.5 Mezclas combustibles con etanol	38
3.7.6 Producción y uso	40
3.7.6.1 Etanol como combustible en Colombia	40
3.7.6.2 Etanol como combustible en Brasil.....	41
3.7.6.3 Etanol como combustible en EUA	42
3.7.6.4 Etanol como combustible en Europa	42
3.7.6.5 Etanol e hidrogeno	44
3.7.7 Balance de energía.....	45
3.7.8 Efectos ambientales.....	46
3.7.8.1 Polución del aire	47
3.7.8.2 Plomo.....	47
3.7.8.3 Efectos del etanol en la agricultura.....	47
3.7.8.4 Recurso renovable	47
IV.- CONCLUSIÓN.....	48
V.- BIBLIOGRAFÍA	49

Figura No. 1. Durante la crisis del petróleo de 1979 se imprimieron cupones para el racionamiento de la gasolina, pero no llegaron a utilizarse.....	5
Figura No. 2. Artículo principal: Teoría del pico de Hubbert.....	7
Figura No. 3. La caña de azúcar, productora de bioetanol.....	13
Figura No. 4. Reacción y síntesis del biodiesel.....	16
Figura No.5. La mezcla de etanol con gasolina como oxigenador o suplemento del combustible, se puede usar en vehículos de gasolina estándares.....	23
Figura No.6. Los residuos agrícolas, tales como tallos del maíz, paja del trigo, y tallos del arroz, podrían usarse como "cosecha secundaria" y destinarla a la producción de etanol.....	23
Figura No.7. Aunque el maíz goza de amplia ayuda política como materia prima en los Estados Unidos, es una de las fuentes menos eficientes de etanol.....	25
Figura No.8.Etanol.....	31
Figura No.9.Carga de combustible basado en etanol.	34

Figura No.10. Campo de maíz en Sudáfrica.....	36
Figura No. 9.Cosecha de caña de azúcar. Gracias en parte al uso de etanol Brasil ha reducido su dependencia de petróleo extranjero.....	36
Figura No. 10. Bus E96 en Suecia.....	39

Índice de cuadros

	Página
Cuadro. 1. Regulación de precios de gasolina.....	6
Cuadro.2. Tipos de combustibles obtenidos de la biomasa.....	14
Cuadro.3. Proceso de obtención de biocombustibles.....	15
Cuadro.4. Proceso de obtención de biocombustibles.....	15
Cuadro.5. Etanol.....	20
Cuadro .6. Producción mundial de biodiesel.....	29
Cuadro.7. Producción mundial de etanol.....	29
Cuadro.8. Producción de etanol en Brasil y Estados Unidos.....	30

I.- INTRODUCCIÓN

El presente trabajo presenta al etanol como un combustible alternativo para uso automotor considerado como un biocombustible. Derivado de la importancia que actualmente se está dando a la protección y preservación del medio ambiente y los recursos naturales, y a la disminución de las cuotas de contaminación ambiental, lo que provocara en un futuro la baja de producción de los combustibles fósiles y la demanda de combustibles alternos no contaminantes.

Campos (1999), citado por Capraispana (2001) menciona que hoy en día, el 90% de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles, (petróleo, gas, carbón), todos ellos extinguidos, fuertemente contaminantes y utilizados en una forma ineficiente.

También establece que como es conocido en los últimos años, las fuentes alternativas de energía han ido adquiriendo una importancia cada vez mayor en México, lo cual, básicamente por razones energéticas y ambientales, también es una tendencia mundial. El déficit de la energía que sufre el mundo actual y en particular los países con alto índice de pobreza, tienen una situación cada vez menos favorable. Las fuentes tradicionales de energía, no parecen ser solución si no a muy largo plazo.

Este problema plantea la necesidad de encontrar una tecnología apropiada, utilizando recursos locales disponibles como son los recursos orgánicos, heces humanas, estiércoles y plantas, los cuales pueden ser utilizados como medio para producir energía.

El problema de las fuentes de energía se viene estudiando desde hace mucho tiempo y tiene cada vez más vigencia. Si bien las reservas de combustibles fósiles

son grandes, la creciente población y el crecimiento industrial demandan cada vez más cantidad de energía.

Muchos de los recursos básicos de los que dependerán las futuras generaciones para su supervivencia y bienestar se están agotando, y se intensifica la degradación del medio ambiente, impulsada por modalidades insostenibles de consumo y un crecimiento de la población sin precedentes.

II. OBJETIVO

Elaborar un documento que sirva como apoyo a estudiantes, profesionistas, técnicos, productores y consumidores de combustibles. Sobre las fuentes de energía alternativas y su elaboración a base del etanol.

Concientizar sobre los diferentes problemas que estamos sufriendo en el medio ambiente por el uso de las combustibles fósiles.

Mostrar las ventajas que tendremos con el uso de l etanol solo o combinado con gasolina.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Dependencia del petróleo

Casi cualquier país con suficiente terreno agrícola puede producir etanol, que es un biocombustible que puede producirse a partir de caña de azúcar, maíz y remolacha para ser utilizado como combustible. El petróleo que es extraído de yacimientos no existentes en algunas regiones del mundo, el etanol se puede producir en cualquier parte del mundo.

El etanol es una alternativa interesante, debido a que se produce por medio de materiales renovables y menos contaminantes, que puede, incluso ayudar a mitigar las tensiones internacionales derivadas de la dependencia y adicción de algunos países por mantener el control del petróleo. Aunque en realidad todo esto depende del balance energético (no del económico), ya que el cultivo y procesado de biocombustibles se realiza actualmente con petróleo por el uso de agroquímicos y maquinaria, por lo que en el mejor de los casos el proceso equivale a un pequeño aumento del rendimiento energético del petróleo si el balance energético es positivo; pero en caso de incluir el ciclo de vida completo, incorporando por ejemplo la energía necesaria para producir y reparar la maquinaria agrícola y la usada en el proceso de destilación y fermentación, entonces hace aparición el balance negativo, es decir, consume más energía fósil que la renovable que produce.



Figura No. 1. Durante la crisis del petróleo de 1979 se imprimieron cupones para el racionamiento de la gasolina, pero no llegaron a utilizarse.

En una economía de mercado el precio de los productos energéticos, tales como el petróleo, el gas o la electricidad se comportan según el principio de oferta y demanda que puede ocasionar cambios repentinos en el precio de la energía cuando cambia la oferta o la demanda. No obstante, en algunos casos una crisis energética obedece a una imposibilidad del mercado de ajustar los precios en respuesta a una disminución de la materia disponible. En otros casos, la crisis puede estar influenciada por la falta de un mercado libre. Algunos economistas han discutido que la crisis energética de 1973 fue empeorada por el control de precios.

El suministro del petróleo está controlado en gran medida por las compañías petrolíferas nacionales de países con reservas abundantes de petróleo barato, entre ellos los Emiratos Árabes Unidos, Arabia Saudita, Venezuela, Noruega y Kuwait. Muchos de estos países han formado una organización conocida como OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo). Puesto que la OPEP controla una gran proporción de la producción de petróleo, ejerce una fuerte influencia en el precio mundial del petróleo. Cuando la OPEP decide reducir las cuotas de producción a sus países miembros, esto tiende a elevar el precio del petróleo por cuanto que el suministro disminuye. De forma similar, la OPEP puede incentivar la producción de petróleo para incrementar la oferta y contener a la baja el precio.

No obstante, existen límites a las acciones de la OPEP. Si la OPEP hace subir el precio del petróleo demasiado, la demanda disminuye y la producción de petróleo de los campos menos productivos o de fuentes alternativas tales como las pizarras

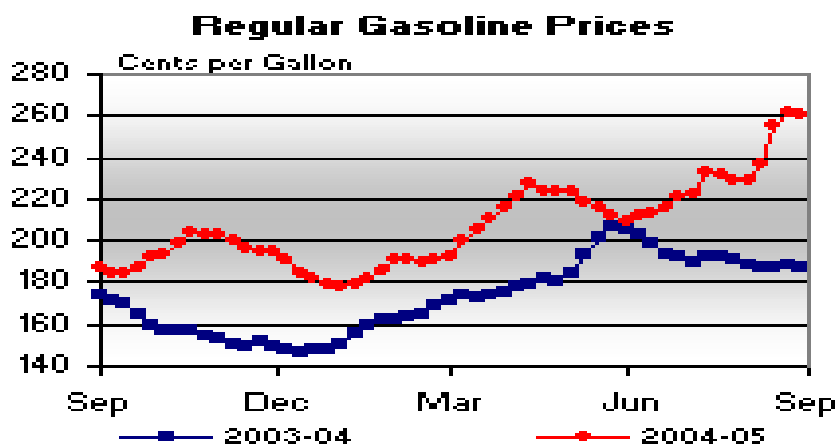
bituminosas pasan a ser no rentables. Además, las economías de los países exportadores de petróleo son muy dependientes del petróleo y las acciones para restringir el suministro de petróleo pueden tener efectos adversos para sus economías.

3.1.1 Demanda de petróleo

El transporte representa la mayor demanda de crudo, seguida de la calefacción y la generación de energía. Además, las industrias de plásticos, productos farmacéuticos y fibras sintéticas dependen del crudo para fabricar materias primas para su producción. La demanda de petróleo para calefacción en el invierno del hemisferio norte produce fluctuaciones estacionales en la demanda, que crecen al principio del invierno. Los Estados Unidos suponen la mayor demanda de petróleo, con un consumo de alrededor del 25% de la producción mundial.

3.1.2 Crisis histórica

Cuadro No.1 Crisis del petróleo de 1973 - Motivo: un embargo de la exportación de petróleo de la OPEP por muchos de los mayores países productores árabes, en respuesta al apoyo occidental a Israel.



Según José Félix Izquierdo de la Cruz. La Crisis de la energía de 1979. Motivo a la revolución iraní.

El disparo en el precio del petróleo de 1990. Motivo a la Guerra del Golfo.

La crisis eléctrica de California. Motivo al fallo en la desregulación y corrupción de negocios de Enron.

La protesta de combustible en el Reino Unido (de 2000). Motivo a la subida del precio del crudo de petróleo combinado con la ya alta imposición en el combustible para automoción en el Reino Unido.

El incremento del precio del petróleo a partir de 2004. Motivo al endurecimiento de los márgenes de suministro frente a una demanda creciente.

3.1.3 Pico del petróleo



Figura No. 2. Artículo principal: Teoría del pico de Hubbert

Existe mucho debate acerca del "pico del petróleo", que se define como el momento en el que la mitad de las reservas mundiales de petróleo ya se hayan consumido, en cuyo momento la producción mundial de petróleo alcanzará un tope y a partir del cual empezará un declive irreversible. Los que proponen esta teoría argumentan que el petróleo se está consumiendo a un ritmo mucho más rápido del que lo hace el descubrimiento de nuevas reservas, y que a medida que los campos petrolíferos actuales se vayan agotando, no aparecerán nuevos en suficiente número para reemplazarlos. Algunos expertos afirman que este punto se alcanzará dentro de la próxima década, mientras otros argumentan que esto no sucederá en muchas décadas. Si el pico del petróleo sucediera, la oferta de petróleo ya no sería capaz de

atender la demanda, admitiendo un incremento de precios y una recesión económica, junto con implicaciones geopolíticas, lo que llevaría a incrementar los esfuerzos para desarrollar formas de energía alternativas, y, simultáneamente, encontrar formas más eficientes de usar la energía.

La historia de la producción de petróleo en los Estados Unidos se utiliza a menudo para ilustrar la teoría del pico de petróleo. Durante la primera parte del siglo XX, los Estados Unidos fueron el mayor productor mundial de petróleo, pero la producción anual alcanzó su pico hacia 1970. El declinar desde entonces ha parecido desde entonces irreversible, a pesar de la introducción de nueva tecnología que permite mayor profundización en la perforación de pozos y del aumento de los campos de exploración. Aún con estos avances muchos expertos dudan de que los Estados Unidos produzcan otra vez tanto petróleo como lo hizo en los años 70. Los Estados Unidos fue la localización de las primeras perforaciones petrolíferas, y se exploró con relativa rapidez y amplitud, puesto que también era el mayor consumidor. Los expertos afirman que cuando los países de otras partes del mundo alcancen su producción máxima, también seguirán el camino de los Estados Unidos, y su petróleo alcanzará el pico y a continuación iniciará una declinación irreversible. Se ha insistido en que el pico del petróleo sucederá "verdaderamente pronto ahora", pero la fecha exacta sigue siendo incierta, con diferentes fuentes quedan fechas tanto del pasado, del presente o de 50-100 años en el futuro.

3.2 Efectos medioambientales de los combustibles fósiles

La lluvia ácida y el calentamiento global son dos de los más serios problemas medioambientales relacionados con la utilización a gran escala de los combustibles fósiles. Otros problemas de este tipo, como la contaminación del suelo y el vertido de petróleo, están relacionados directamente con la extracción y el transporte de los combustibles fósiles.

3.2.1 Lluvia ácida

Cuando los combustibles fósiles son quemados, el azufre, el nitrógeno y el carbono desprendidos se combinan con el oxígeno para formar óxidos. Cuando estos óxidos son liberados en el aire, reaccionan químicamente con el vapor de agua de la atmósfera, formando ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido carbónico, respectivamente. Esos vapores de agua que contienen ácidos conocidos comúnmente como lluvia ácida entran en el ciclo del agua y, por tanto, pueden perjudicar la calidad biológica de bosques, suelos, lagos y arroyos.

Algunos países cuentan con leyes medioambientales que exigen el uso de equipos que reduzcan la contaminación, como los depuradores de aire. Son aparatos instalados en el interior de las chimeneas de las plantas que queman carbón, que separan los vapores de dióxido de azufre y otros compuestos antes de que estas sustancias contaminantes entren en la atmósfera.

3.2.2 Cenizas

La combustión de combustibles fósiles produce unas partículas sólidas no quemadas llamadas cenizas. Las plantas que queman carbón emiten grandes cantidades de cenizas a la atmósfera. Sin embargo, las regulaciones actuales existentes en muchos países exigen que las emisiones que contengan cenizas sean limpiadas o que las partículas sean controladas de otra manera para reducir esa fuente de contaminación atmosférica. Aunque el petróleo y el gas natural generan menos cenizas que el carbón, la contaminación del aire producida por las cenizas del combustible de los automóviles puede ser un problema en ciudades en las que se concentra un gran número de vehículos de gasolina y diesel.

3.2.3 Calentamiento global

El dióxido de carbono es el principal subproducto de la combustión de los combustibles fósiles. Es lo que los científicos llaman un gas invernadero. Los gases invernadero absorben el calor del Sol reflejado en la superficie de la Tierra y lo

retienen, manteniendo la Tierra caliente y habitable para los organismos vivos. No obstante, el rápido desarrollo industrial de los siglos XIX y XX ha provocado un incremento de las emisiones procedentes de la combustión de combustibles fósiles, elevando el porcentaje de dióxido de carbono en la atmósfera en un 28%. Este dramático incremento ha llevado a algunos científicos a predecir un escenario de calentamiento global que puede causar numerosos problemas medioambientales, como la destrucción de los modelos climáticos y la fusión del casquete polar.

Aunque es extremadamente difícil atribuir los cambios globales de temperatura a la combustión de los combustibles fósiles, algunos países están trabajando de manera conjunta para reducir las emisiones de dióxido de carbono procedentes de estos combustibles. Una de las propuestas consiste en establecer un sistema para que las compañías que emitan dióxido de carbono por encima del nivel establecido tengan que pagar por ello. Ese pago podría producirse de diversas formas, incluyendo:

- (1) Pagar una cantidad a una compañía cuyas emisiones de dióxido de carbono sean inferiores al nivel establecido;
- (2) Comprar y preservar bosques, que absorben dióxido de carbono;
- (3) Pagar para mejorar una planta de emisión de dióxido de carbono en un país menos desarrollado, para que sus emisiones desciendan.

3.2.4 Recuperación y transporte del petróleo

Se producen problemas medioambientales al perforar pozos y extraer fluidos porque el petróleo bombeado desde las profundas rocas almacén suele ir acompañado de grandes volúmenes de agua salada. Esa salmuera contiene numerosas impurezas, por lo que debe ser llevada de nuevo a las rocas almacén o destruida en la superficie.

El petróleo es transportado a la refinería, situada a menudo a grandes distancias, en camiones o en petroleros, y en ocasiones se producen vertidos accidentales. Estos

vertidos, especialmente los de gran volumen, pueden resultar muy perjudiciales para la vida salvaje y el hábitat.

3.3 Futuro y fuentes de energía alternativas

Algunos expertos sostienen que el mundo se encamina hacia una crisis de energía global debido al declinar en la disponibilidad de petróleo barato y recomiendan disminuir la dependencia del combustible fósil. Esto ha hecho incrementar el interés en la investigación de combustibles y energías alternativas tales como la tecnología de la célula de combustible, del hidrógeno, del metanol, del biocombustible, de la energía solar, de la energía de las mareas y de la energía eólica. Hasta ahora, únicamente la energía hidroeléctrica y la energía nuclear han estado alternativas significativas al combustible fósil. El hidrógeno se está fabricando con una pérdida de energía negativa a partir del gas natural, el cual también está sufriendo una disminución de la producción en todas partes. En los casos en que el hidrógeno se obtiene de otras fuentes distintas al gas natural, sigue precisando de otra fuente de energía para su elaboración, también con una pérdida durante el proceso. Esto ha conducido a que se considere el hidrógeno como un 'transportista' de energía más que como una 'fuente'.

Ha habido predicciones alarmantes de grupos tales como el Club de Roma de que el mundo agotaría el petróleo durante el siglo XX. A pesar de que la tecnología ha facilitado la mejor eficiencia en la extracción, el mundo tiene un conflicto para proveerse de petróleo al verse obligado a utilizar métodos más costosos y menos productivos como la perforación de las profundidades marinas, y la explotación de áreas sensibles medioambientales tales como la American National Wildlife Reserve (Reserva Nacional Americana de Vida Salvaje). La población mundial sigue creciendo a razón de un cuarto de millón por día, lo que incrementa el consumo de energía. El consumo de energía per cápita de China, India y otros países en desarrollo sigue incrementándose a medida que las personas que viven en estos países adoptan los estilos de vida occidentales. Actualmente, una pequeña parte de

la población mundial consume una gran parte de los recursos, en el caso de Estados Unidos con una población de 296 millones de personas, consume más petróleo que China con 1,300 millones.

Los mecanismos de eficiencia tales como la “energía de los megawatios” pueden proporcionar un plus de energía significativo. Esta es una expresión utilizada para describir la comercialización de los incrementos de eficiencia, del uso de la eficiencia en el consumo, en lugar del incremento de la capacidad de generación de las plantas de energía.

3.4 Biocombustibles

A diferencia de los combustibles fósiles que provienen de la energía almacenada durante largos períodos en los restos fósiles, los biocombustibles provienen de la biomasa, o materia orgánica que constituye todos los seres vivos del planeta. La biomasa es una fuente de energía renovable, pues su producción es mucho más rápida que la formación de los combustibles fósiles.

Entre los cultivos posibles de utilizar para la elaboración de biocombustibles, están los de alto tenor de carbohidratos (caña de azúcar, maíz, mandioca), las oleaginosas (soja, girasol, palmas) y las esencias forestales (eucalipto, pinos).

El biocombustible es el término con el cual se denomina a cualquier tipo de combustible que derive de la biomasa, organismos recientemente vivos o sus desechos metabólicos, tales como el estiércol de la vaca.



Figura No. 3. La caña de azúcar, productora de bioetanol.

Los combustibles de origen biológico pueden sustituir parte del consumo en combustibles fósiles tradicionales (petróleo, carbón), con la ventaja de que son renovables y tienen bajo impacto en el deterioro ambiental.

Los biocombustibles más usados y desarrollados son el bioetanol y el biodiesel.

Según wikipedia El bioetanol, también llamado etanol de biomasa, se obtiene a partir de maíz, caña de azúcar o remolacha. Brasil es el principal productor de Bioetanol (45% de la producción mundial), Estados Unidos representa el 44%, China el 6%, La Unión Europea el 3%, India el 1% y otros países el restante 1%.

Según wikipedia El biodiesel, se fabrica a partir de aceites vegetales, que pueden ser ya usados o sin usar. En este último caso se suele usar raps o canola, los cuales son cultivados para este propósito. El principal productor de biodiesel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción. Le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3%.

La siguiente tabla resume los biocombustibles, que se pueden obtener a partir de la biomasa:

*Cuadro No. 2. Tipos de combustibles obtenidos de la biomasa Fuente:
<http://usuarios.lycos.es/biodieseltr/hobbies4.html>.*

Tipos de combustibles obtenidos de la biomasa		
Sólidos	Líquidos	Gaseosos
<p>Paja</p> <p>Leña sin procesar</p> <p>Astillas</p> <p>Briquetas</p> <p>Carbón vegetal</p>	<p>Alcoholes</p> <p>Biohidrocarburos</p> <p>Aceites vegetales y ésteres derivados</p> <p>Aceites de pirolisis</p>	<p>Gas de Gasógeno</p> <p>Biogás</p> <p>Hidrógeno</p>

En gran parte del mundo, la leña (o carbón vegetal) que se obtiene a partir de la madera sigue siendo el principal biocombustible empleado para la cocina, la calefacción y la luz. Esta fuente de energía es un recurso renovable si se obtiene a partir de bosques convenientemente reforestados. Asimismo, muchos vehículos utilizan biocombustibles a base de metanol y etanol mezclado con gasolina. Se puede obtener etanol a partir de la caña de azúcar, de la remolacha o el maíz. En algunos países como la India y China producen biogás a partir de la fermentación natural de desechos orgánicos (excrementos de animales y residuos vegetales).

3.4.1 La obtención de biocombustibles

Según la naturaleza de la biomasa y el tipo de combustible deseado, se pueden utilizar diferentes métodos para obtener biocombustibles: procesos mecánicos (astillado, trituración, compactación), termoquímicos (combustión, pirolisis y gasificación), biotecnológicos (micro bacterianos o enzimáticos) y extractivos. En la siguiente tabla se presenta una síntesis de estos principales procesos de transformación y de los biocombustibles derivados, así como las aplicaciones más frecuentes en cada uno de ellos. Cada uno de estos procesos se inicia con la

biomasa vegetal que se forma a partir del proceso de fotosíntesis, con el aporte de la energía solar que captan y transforman estos organismos.

Cuadro No. 3. Procesos de obtención de biocombustibles. Fuente:
<http://usuarios.lycos.es/biodieseltr/hobbies4.html>.

Proceso de obtención de biocombustibles			
	Mecánicos	Termoquímicos	
Técnicas	Astillado Trituración Compactación	Pirolisis	Gasificación
Productos	Leñas Astillas Briquetas Aserrín	Carbón Aceites	Gas de gasógeno
Aplicaciones	Calefacción Electricidad	Calefacción Electricidad Transporte Industria química	Calefacción Electricidad Transporte Industria química

Proceso de obtención de biocombustibles			
	Biotecnológicos		Extractivos
Técnicas	Fermentación	Digestión anaerobia	Extracción físico química
Productos	Etanol Varios	Biogás CO ₂ , CH ₄	Aceites Ésteres Hidrocarburos
Aplicaciones	Transporte Industria Química	Calefacción Electricidad	Transporte Industria química

Cada técnica depende del tipo de biomasa disponible. Si se trata de un material seco puede convertirse en calor directo mediante combustión, el cual producirá vapor para generar energía eléctrica. Si contiene agua, se puede realizar la digestión anaeróbica que lo convertirá en metano y otros gases, o fermentar para producir alcohol, o convertir en hidrocarburo por reducción química. Si se aplican métodos termoquímicos es posible extraer metanol, aceites, gases, etc. El método de la digestión por el cual se obtiene biogás es el más empleado.

3.5 Biodiesel

Los biodiesel se describen químicamente como compuestos orgánicos de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga.

3.5.1 Reacciones y síntesis

El proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y dejar como residuo de valor añadido glicerina que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras .

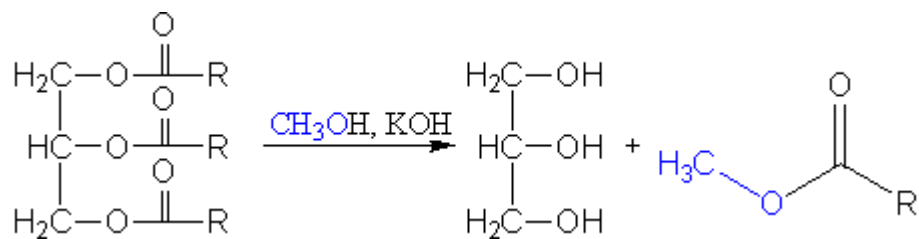


Figura No. 4. Reacción y síntesis del biodiesel

3.5.2 Materias primas

La fuente de aceite vegetal suele ser aceite de colza, ya que es una especie con alto contenido de aceite, que se adapta bien a los climas fríos. Sin embargo existen otras variedades con mayor rendimiento por hectárea, tales como la palma, la jatropha curcas etc. También se pueden utilizar aceites usados (por ejemplo, aceites de fritura), en cuyo caso la materia prima es muy barata y, además, se reciclan lo que en otro caso serían residuos.

3.5.3 Procesos industriales

3.5.3.1 Ventajas

El biodiesel disminuye de forma notable las principales emisiones de los vehículos, como son el monóxido de carbono y los hidrocarburos volátiles, en el caso de los motores de gasolina, y las partículas, en el de los motores diesel.

La producción de biodiesel supone una alternativa de uso del suelo que evita los fenómenos de erosión y desertificación a los que pueden quedar expuestas aquellas tierras agrícolas que, por razones de mercado, están siendo abandonadas por los agricultores.

Por su mayor índice de cetano y lubricidad reduce el desgaste en la bomba de inyección y en las toberas.

No tiene compuestos de azufre por lo que no los elimina como gases de combustión.

El biodiésel también es utilizado como una alternativa de aceite para motores de dos tiempos, en varios porcentajes; el porcentaje más utilizado es el de 10/1.

El biodiésel también puede ser utilizado como aditivo para motores a nafta para la limpieza interna de estos.

3.5.3.2 Inconvenientes

A pesar de sus muchas ventajas, también presenta algunos problemas. Uno de ellos es derivado de su mejor capacidad solvente que el petrodiesel, por lo que los residuos existentes son disueltos y enviados por la línea de combustible, pudiendo atascar los filtros. Otro ítem es una menor capacidad energética, aproximadamente un 5% menos, aunque esto, en la práctica, no es tan notorio debido al mayor índice cetano, lo que produce una combustión más completa con menor compresión.

No existe registro de que produzcan mayores depósitos de combustión ni tampoco que degrade el arranque en frío de los motores.

Otros problemas que presenta se refieren al área de la logística de almacenamiento, ya que es un producto hidrófilo y degradable, por lo cual es necesaria una planificación exacta de su producción y expedición. El producto se degrada notoriamente más rápido que el petrodiesel.

Hasta el momento todavía no está claro el tiempo de vida útil del biodiesel; algunos dicen que posee un tiempo de vida muy corto (meses) y otros que su vida útil llega incluso a 10 años o más. Pero todos concuerdan que depende de su manipulación y almacenamiento.

El rendimiento promedio para oleaginosas como girasol, maní, lino, arroz, algodón, soja o ricino ronda los 900 litros de biodiésel por hectárea cosechada. Esto puede hacer que sea poco práctico para países con poca superficie cultivable; sin embargo, la gran variedad de semillas aptas para su producción, muchas de ellas complementarias en su rotación o con subproductos utilizables en otras industrias, hace que sea un proyecto sustentable.

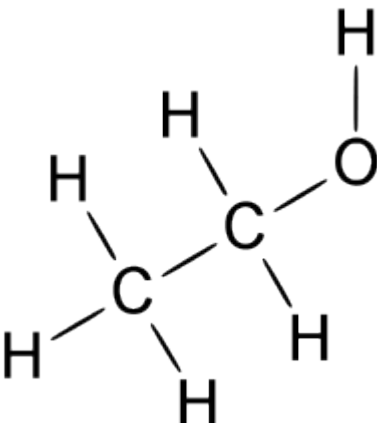
3.5.4 Estándares y regulación

Los esteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), denominados biodiesel, son productos de origen vegetal o animal, cuya composición y propiedades están definidas en la norma EN 14214, con excepción del índice de yodo, cuyo valor máximo queda establecido en 140.

En España el biodiesel aparece regulado en el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

3.6 El etanol

Cuadro No.5. Propiedades fisicoquímicas del etanol, valores en el SI y en condiciones normales (0 °C y 1 atm), salvo que se indique lo contrario.

Etanol	
	
General	
Nomenclatura IUPAC	n/d
Fórmula semidesarrollada	CH ₃ -CH ₂ -OH
Fórmula estructural	Ver imagen
Fórmula molecular	C ₂ H ₆ O
Propiedades físicas	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Masa molecular	46,07 uma
Punto de fusión	158.9 K (-114.25 °C)
Punto de ebullición	351.6 K (78.45 °C)
Temperatura crítica	? K (? °C)
Presión crítica	n/d atm.
Densidad	n/d kg/m ³ ; (0,789 g/cm ³)
Estructura cristalina	n/d
Viscosidad	n/d

Índice de refracción	n/d
Propiedades químicas	
Acidez (pK _a)	15,9
Solubilidad	n/d
KPS	n/d
Momento dipolar	n/d D
Termoquímica	
fH^0_{gas}	n/d kJ/mol
$fH^0_{\text{líquido}}$	n/d kJ/mol
$fH^0_{\text{sólido}}$	n/d kJ/mol
$S^0_{\text{gas, 1 bar}}$	n/d J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
$S^0_{\text{líquido, 1 bar}}$	n/d J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
$S^0_{\text{sólido}}$	n/d J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
E ₀	n/d Volt
Calor específico	n/d cal/g
Peligrosidad	
Punto de inflamabilidad	n/d
Temperatura de autoignición	n/d
Número CAS	64-17-5
Número RTECS	n/d
Riesgos	
Ingestión	n/d
Inhalación	n/d
Piel	n/d
Ojos	n/d
Más información	ICSC 0044

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.

Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, principal producto de las bebidas alcohólicas.

3.6.1 Otras constantes

Densidad óptica: $n_D^{20} = 1,36$

Concentración máxima permitida en los lugares de trabajo: 1.000 ppm

LD_{50} : 7.060 mg/kg rata oral; > 20.000 mg/kg.

3.6.2 Síntesis

El alcohol es un líquido incoloro y volátil que está presente en diversas bebidas fermentadas. Desde la antigüedad se obtenía el etanol por fermentación anaeróbica de una disolución con contenido en azúcares con levadura y posterior destilación.

Dependiendo del género de Bebida alcohólica que lo contenga, el alcohol aparece acompañado de distintos elementos químicos que lo dotan de color, sabor, olor, entre otras características.

3.6.3 Destilación

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.

A escala de laboratorio también se pueden utilizar desecantes como el magnesio, que reacciona con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio.

3.6.4 El potencial del etanol

En los surtidores de gasolina de São Paulo, los clientes pueden escoger: ¿gasolina o alcohol? Desde mediados de los años setenta Brasil ha trabajado para substituir la gasolina importada por etanol, un alcohol destilado de la caña de azúcar localmente cultivada. El etanol representa hoy el 40% del combustible vendido en Brasil.



Figura No.5. La mezcla de etanol con gasolina como oxigenador o suplemento del combustible, se puede usar en vehículos de gasolina estándares



Figura No.6. Los residuos agrícolas, tales como tallos del maíz, paja del trigo, y tallos del arroz, podrían usarse como "cosecha secundaria" y destinarla a la producción de etanol.

El etanol se puede producir a partir de una amplia variedad de plantas de cosecha, comúnmente se genera a partir del grano (maíz) o del azúcar, tal como se muestra en la Figura No.5. Posteriormente se mezcla con gasolina como oxigenador o suplemento del combustible, y se usa en vehículos de gasolina, o también puede ser utilizado sin mezclar en "vehículos fuel-flexibles" que funcionan con cualquier mezcla de etanol y gasolina.



Figura No.7. Aunque el maíz goza de amplia ayuda política como materia prima en los Estados Unidos, es una de las fuentes menos eficientes de etanol.

Brasil lideró la producción de etanol del mundo en 2004, destilando 4 mil millones de galones (15 mil millones de litros). Los Estados Unidos están avanzando rápidamente también, produciendo 3.5 mil millones de galones durante el año pasado, generados casi exclusivamente a partir de maíz. Las provincias chinas ricas en la producción de trigo y maíz produjeron casi mil millones de galones de etanol, y la India generó 500 millones de galones producidos a partir de caña de azúcar. Francia, el aventajado en la Unión Europea en la tentativa de fomento del uso del etanol, produjo cerca de 200 millones de galones de las remolachas y del trigo. En global, el mundo produjo bastante etanol para desplazar escasamente un 2% el consumo total de la gasolina.

3.6.5 Las ventajas ambientales del etanol

Los esfuerzos por substituir el petróleo por combustibles alternativos están ganando la atención en un mundo amenazado por el cambio del clima, la declinación económica rural, y la inestabilidad en importantes países productores de petróleo. Las cosechas de biofuel capturan dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera mientras están creciendo, compensando los gases de efecto invernadero lanzados cuando el combustible se quema posteriormente. Substituir el petróleo por biofuel puede reducir la contaminación atmosférica, incluyendo emisiones de partículas finas y de monóxido de carbono. La producción de biofuel también puede mejorar ciertas economías rurales creando nuevos trabajos y levantando las rentas agrícolas. Como combustible localmente producido y renovable, el etanol tiene el potencial de diversificar el muestrario de las fuentes de energía, hacer decrecer la dependencia del petróleo extranjero y mejorar los balances comerciales en las naciones importadoras de petróleo.

3.6.6 Las otras caras de los biocombustibles

Aunque la popularidad y el renombre del etanol está creciendo, los ineficientes métodos de producción y las ineficaces tecnologías actuales de conversión provocan que el uso de este combustible produzca solamente modestas ventajas ambientales y económicas, y además podría afectar a la seguridad internacional de alimentos. El mayor obstáculo a la producción de biocombustibles es la disponibilidad de la tierra. Los campos de cultivo que se amplían para la producción energética harán empeorar probablemente la ya intensa competición por la tierra entre la agricultura, los bosques, y la extensión de la urbanización. Con las temperaturas subiendo y los niveles mundiales de agua cayendo, el suministro y la demanda global de alimentos están en precario equilibrio. Las reservas de grano del mundo están cerca de los niveles absolutos más bajos, y hay pocas superficies cultivables ociosas que se puedan recuperar para la agricultura. Transformar cultivos alimenticios por la producción de combustible podría tensar aún más la situación del suministro de

alimentos y hacer subir los precios, oponiendo a opulentos dueños de automóviles contra consumidores de alimento con rentas bajas.

Poner un mayor énfasis en la eficiencia de la tierra, lo que sería maximizar la producción de energía por hectárea, será esencial para hacer el mejor uso del etanol. Aunque el maíz goza de amplia ayuda política como materia prima en los Estados Unidos, es una de las fuentes menos eficientes de etanol. Por ejemplo, el área de las producciones de etanol de las remolachas francesas y la caña de azúcar brasileña es casi el doble para del área maíz americano.

También importante es la cantidad de energía usada para producir el etanol. Creciendo, transportando, y destilando el maíz para hacer un galón de etanol se necesita casi tanta energía como la que contiene el etanol sí mismo. Las remolachas son una fuente más valiosa, produciendo casi dos unidades de energía para cada unidad usada en la producción. Aunque la caña de azúcar es en gran medida la más eficiente de las fuentes de materia prima, rinde ocho veces más energía que la que es necesaria para producir el etanol. Debido a estos balances energéticos positivos y mayores producciones, tiene más sentido producir el etanol de cosechas de azúcar que de grano.

3.6.7 Países en desarrollo independientes del petróleo

El etanol podría despegar rápidamente en los países tropicales productores de caña de azúcar, que tienen la ventaja de estaciones de crecimiento a lo largo de todo el año, de grandes fuentes de trabajo, y de costos de producción bajos. A medida que la demanda del combustible aumenta en estos países en desarrollo, la producción del biofuel podría frenar las importaciones de crudo mientras se alientan las economías rurales. En Brasil, por ejemplo, se podría producir bastante etanol para resolver la demanda doméstica total de combustible aumentando el área utilizada para producir caña de azúcar para el alcohol, de 6.6 millones de acres a 13.8 millones de acres (5.6 millones de hectáreas) o destinando toda el área cultivada actual de caña de azúcar a la producción del etanol. Desafortunadamente, los

nuevos campos podrían incrementar la tala de los ya encogidos bosques tropicales, creando una seria amenaza ambiental.

3.6.8 Los cultivos de energía futuros

Si el etanol debe convertirse en una parte importante de las fuentes de combustible del mundo sin competir con el alimento y los bosques, su fuente primaria no será el maíz ni las cosechas de azúcar; sino las materias primas de base celulósica, más abundantes y eficientes en su cultivo, tales como residuos agrícolas y del bosque, hierbas, y árboles de crecimiento rápido. Se están desarrollando prometedoras tecnologías nuevas que utilizan enzimas para romper la celulosa y liberan los azúcares de las plantas para la fermentación en etanol. Una planta de la demostración que usaba esta tecnología se abrió en Canadá el año pasado, y se espera que la producción a gran escala sea comercialmente viable antes de 2015.

Los residuos agrícolas, tales como tallos del maíz, paja del trigo, y tallos del arroz, normalmente se dejan en el campo, son arados, o quemados. Recolectar apenas una tercera parte de estos residuos agrícolas para destinarla a la producción de biocombustibles permitiría que los granjeros cosecharan una clase de segunda cosecha, aumentando su renta agrícola mientras que se podría dejar suficiente materia orgánica para mantener la salud del suelo y prevenir la erosión. Los residuos agrícolas que se podrían cosechar sosteniblemente en Estados Unidos hoy, por ejemplo, podrían rendir a 14.5 mil millones de galones de etanol, cuatro veces la producción actual, sin demandas adicionales de superficie de tierra.

Los "cultivos de energía," por ejemplo hierbas robustas y árboles de crecimiento rápido, tienen producciones más altas del etanol y balances energéticos mejores que las cosechas de almidón convencionales. Un candidato probable es la switchgrass, una alta hierba perenne usada por los granjeros para proteger la tierra contra la erosión. Requiere escasos fertilizantes, herbicidas y una irrigación mínima, pero rinde de 2 a 3 veces más etanol por acre que el que produce el maíz. Estas cosechas

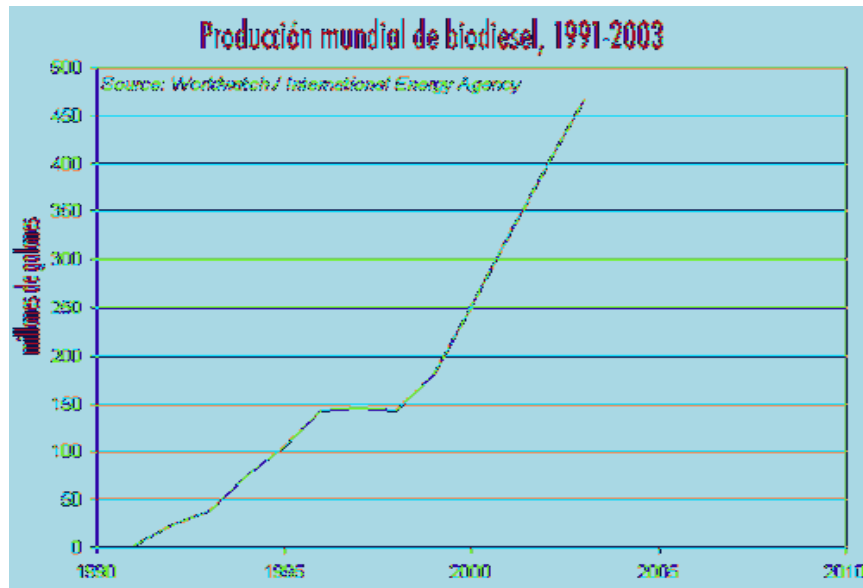
podrían potencialmente ser cosechadas en tierras marginales, evitando la conversión de áreas de cultivo o de bosques sanos a la producción de cultivos de energía.

3.6.9 Producir etanol no es suficiente

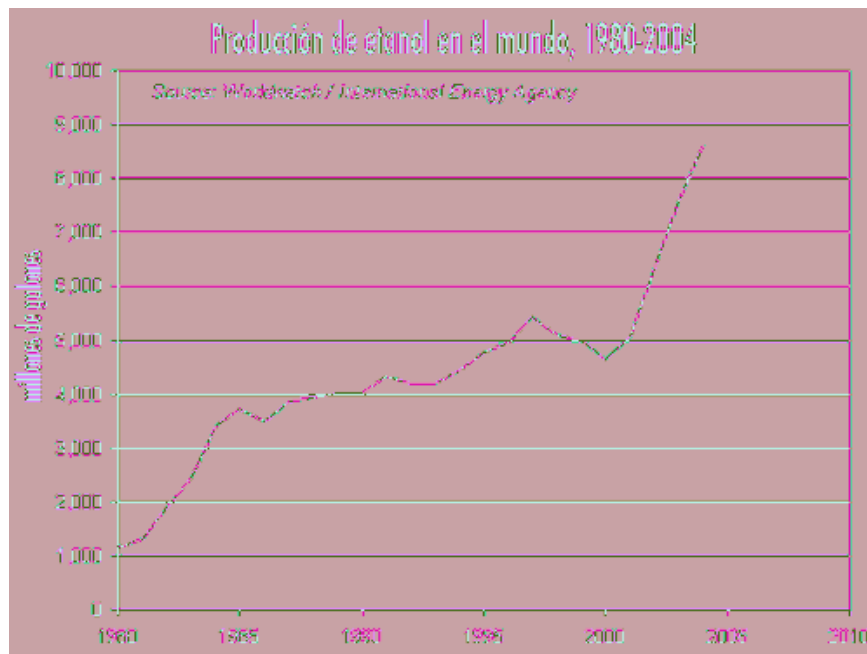
No obstante, con las demandas energéticas del mundo incrementándose, los biocombustibles resolverán solamente una fracción de las necesidades del combustible a menos que haya mejoras substanciales en la economía del combustible de los vehículos. Afortunadamente, las tecnologías requeridas son disponibles y comprobables. Transformando la producción de vehículos tradicionales a los híbridos gas-eléctricos, como los que ya existen en el mercado hoy, y reduciendo el peso y la fricción, se disminuiría el uso del combustible varias veces. La adición de una batería adicional y de una unidad de enchufe a los vehículos híbridos, permitiría que los viajes cortos se realizaran usando solamente energía eléctrica, producida preferiblemente a partir de aerogeneradores, harían reducir la demanda de combustible a niveles que se podrían resolver únicamente con el etanol.

El aumento del protagonismo del etanol en satisfacer la demanda de combustible requerirá investigación y el desarrollo de mejores tecnologías para la conversión de biomasa-etanol, junto con una ayuda legislativa constante para dar soporte a la producción del biocombustible y a una mayor eficacia en el uso del combustible por parte de la industria del automóvil. Desplazar los subsidios gubernamentales en el campo de la energía, por ejemplo los dedicados a la exploración petrolífera por la promoción del desarrollo de la tecnología del biocombustible, es una opción clara ya que los nuevos yacimientos de petróleo se muestran cada vez más evasivos. Con una economía de combustible mejorada en el vehículo y el uso de materias de base celulósicas más eficientes, el biocombustible tiene el potencial de proveer una parte substancial del combustible automotor del mundo.

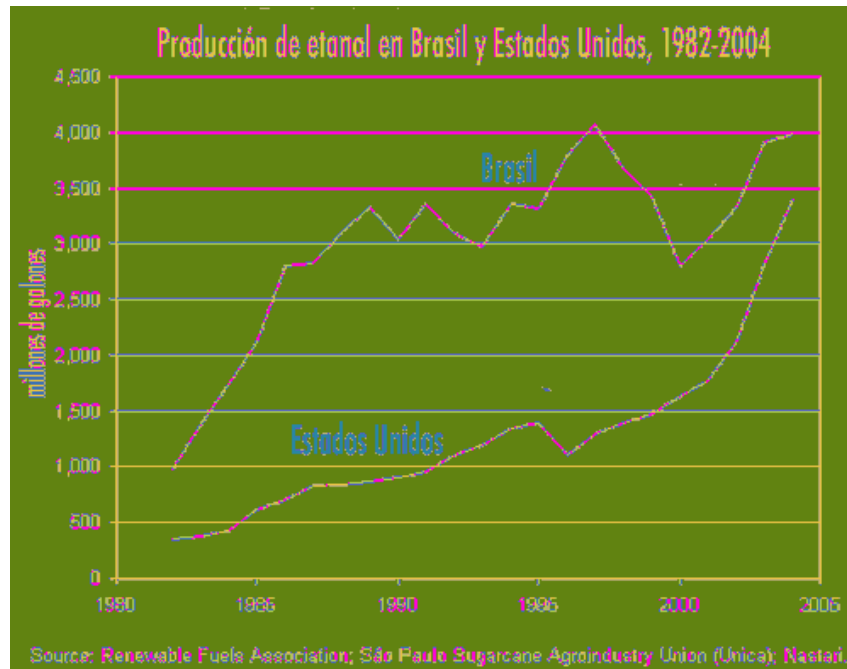
Cuadro No.6 Evolución de la producción de biodiesel en el mundo entre 1991 y 2003, en millones de galones (1 litro = 0,22 galones). Fuente: WorldWatch Institute y la International Energy Agency.



Cuadro No. 7. Evolución de la producción de etanol en el mundo entre 1980 y el 2004, en millones de galones (1 litro = 0,22 galones). Fuente: WorldWatch Institute y la International Energy Agency.



Cuadro No. 8. Evolución de la producción de etanol en Brasil y Estados Unidos entre 1982 y 2004, en millones de galones (1 litro = 0,22 galones).



3.7 Etanol (combustible)



Figura No. 8. Etanol

El etanol puede utilizarse solo, como combustible para los automóviles o como añadido a la gasolina.

El etanol puede mezclarse con gasolina en cantidades variables para reducir el consumo de derivados del petróleo. El combustible resultante se conoce como gasohol (en algunos países, "alconafta"). Dos mezclas comunes son E10 y E85 que contienen el etanol al 10% y al 85%, respectivamente.

El etanol 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 del agua subterránea. El etanol también puede utilizarse como combustible en las celdas de combustible.

El etanol que proviene de los campos de cosechas (bioetanol) se perfila como un recurso energético potencialmente sostenible que puede ofrecer ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición a los combustibles

fósiles. Se obtiene fácilmente del azúcar o del almidón en cosechas de maíz y caña de azúcar, por ejemplo. Sin embargo, los actuales métodos de producción de bioetanol utilizan una cantidad significativa de energía comparada al valor de la energía del combustible producido. Por esta razón, no es factible sustituir enteramente el consumo actual de combustibles fósiles por bioetanol.

3.7.1 El etanol como combustible verde

Utilizar etanol en automóviles y otros vehículos en lugar de gasolina, probablemente acabe siendo mejor para el medio ambiente que usar esta última, y más económico, según un nuevo análisis llevado a cabo por investigadores de la Universidad de California en Berkeley.

Los investigadores señalan que nuevas tecnologías ahora en desarrollo prometen convertir al etanol en un combustible verdaderamente "verde", en el sentido de que tendría un impacto significativamente menor sobre el medio ambiente que la gasolina.

El análisis intenta concluir el debate actual sobre si el etanol es un buen sustituto para la gasolina, y así poder ayudar a disminuir la dependencia que Estados Unidos tiene del petróleo extranjero y apoyar a los granjeros con el cambio. El estudio de la citada universidad sopesa estos argumentos contra otros estudios que sostienen que se consume más energía al cultivar maíz para hacer etanol que la obtenida del etanol cuando lo quemamos.

Dan Kammen y Alex Farrell del Grupo de Energía y Recursos en la Universidad de California en Berkeley, con sus estudiantes Rich Plevin, Brian Turner y Andy Jones, y la colaboración de Michael O'Hare, un profesor en la Escuela Goldman de Política Pública, examinaron detalle a detalle seis estudios distintos de alto nivel acerca del etanol. Evaluaron las suposiciones asumidas por tales estudios y entonces reanalizaron cada una de esas suposiciones después de corregir errores, inconsistencias e información no actualizada con respecto a la cantidad de energía

usada para cultivar maíz y elaborar etanol, y al rendimiento energético en forma de combustible y de subproductos del maíz.

Una vez hechos estos cambios en los seis estudios, cada uno produjo la misma conclusión sobre la energía: producir etanol del maíz usa mucho menos petróleo que el consumido en la producción de gasolina. Sin embargo, los investigadores de Berkeley señalan que hay todavía una gran incertidumbre sobre las emisiones de gases de invernadero, y que otros efectos medioambientales como la erosión de la tierra, todavía no se han cuantificado.

A pesar de la incertidumbre, parece que el etanol hecho del maíz es un poco mejor, quizá un 10 ó un 15 por ciento, que la gasolina, en términos de generación de gases de invernadero, según los investigadores.

Contrariamente a lo que suele creerse, el etanol produce, en la combustión, más gases de efecto invernadero que la gasolina. Concretamente, por cada gigajulio (GJ) obtenido del etanol puro al arder, produce 71,35 kg de dióxido de carbono; si se considera la gasolina como octano puro, la producción sería de 67,05 kilogramos por gigajulio (GJ), es decir, que el etanol produce un 6% más de dióxido de carbono que la gasolina, a igualdad de energía producida en la combustión. Lo cual puede poner en duda la idea de que es más ecológico.

Para buscar una ventaja ambiental en este combustible, habría que recurrir al dióxido de la atmósfera absorbido durante el crecimiento de la planta que produce el etanol (que no se volvería a emitir si no se quemara), así como en los procesos de transformación que sufren las materias primas antes de ser un combustible utilizable, o también demostrando que los motores que utilicen etanol tengan un rendimiento mejor que los de gasolina (por lo dicho, bastaría que fuesen un 6% más eficientes).

Sin entrar en cifras, a menudo muy discutidas, desde un punto de vista a largo plazo no se debe despreciar el hecho de que sea un combustible renovable, y por lo tanto inagotable, al contrario que el petróleo. Este punto de vista resulta quizá un poco

superficial, puesto que tendría que calcularse la cantidad de tierras que habría que laborar para conseguir suplir las inmensas cantidades de combustible que requiere, y requerirá, la actividad humana.



Figura No.9. Carga de combustible basado en etanol. (Foto: LBNL).

3.7.2 Fuentes y proceso de fabricación

3.7.2.1 Fermentación

Desde la antigüedad se obtiene el etanol por fermentación anaeróbica de azúcares con levadura en solución acuosa y posterior destilación. La aplicación principal tradicional ha sido la producción de bebidas alcohólicas.

Hoy en día se utilizan tres tipos de materias primas para la producción a gran escala de etanol de origen biológico (bioetanol):

3.7.2.2 Sustancias con alto contenido de sacarosa

Caña de azúcar.

Remolacha.

Melazas.

Sorgo dulce.

3.7.2.3 Sustancias con alto contenido de almidón

Maíz.

Patata.

Yuca.

3.7.2.4 Sustancias con alto contenido de celulosa

Madera.

Residuos agrícolas.

El proceso a partir de almidón es más complejo que a partir de sacarosa porque el almidón debe ser hidrolizado previamente para convertirlos en azúcares. 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 cuela la masa, en un proceso llamado escarificación, y se envía a los reactores de fermentación.

A partir de celulosa es aun más complejo porque primero hay que pre-tratar la materia vegetal para que la celulosa pueda ser luego 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.

La fermentación de los azúcares es llevada a cabo por microorganismos (levaduras o bacterias) y produce etanol así como grandes cantidades de CO₂. Además produce otros compuestos oxigenados indeseables como el metanol, alcoholes superiores, ácidos y aldehídos. Típicamente la fermentación requiere unas 48 horas.



Figura No.10. Campo de maíz en Sudáfrica

En la actualidad tres países han desarrollado programas significativos para la fabricación de bioetanol como combustible: Estados Unidos (a partir de maíz), Brasil y Colombia (ambos a partir de caña de azúcar). El etanol se puede producir a partir de varios otros tipos de cultivos, como remolachas, zahína, mijo perenne, cebada, cáñamo, kenaf, patatas, mandioca y girasol. También puede extraerse de múltiples tipos de celulosa "no útil". Esta producción a gran escala de alcohol agrícola para utilizarlo como combustible requiere importantes cantidades de tierra cultivable con agua y suelos fértiles.



Figura No. 11. Cosecha de caña de azúcar. Gracias en parte al uso de etanol, Brasil ha reducido su dependencia de petróleo extranjero.

En cambio es menos atractiva para las regiones con alta densidad de población e industrializadas como Europa occidental, o para las regiones que al roturar nuevas tierras para labranza disminuyen las dedicadas a recursos naturales importantes como las selvas lluviosas. Se pueden obtener cantidades más reducidas de alcohol combustible de los tallos, de elementos reciclados, de la paja, de las mazorcas de

maíz, y de productos sobrantes de las granjas que ahora se utilizan para hacer piensos, fertilizantes, o que se utilizan como combustibles de plantas de energía eléctrica. De hecho, EEUU podría conseguir todo el etanol que necesita usando una mezcla de, por ejemplo, los tallos (parte no aprovechada) del maíz y de la planta de maíz, sin roturar más tierras de sembradío (sin embargo habría que cultivar más tierra para substituir las partes de la planta, usadas por muchos granjeros como fuente barata, confiable y limpia de piensos o fertilizantes).

3.7.3 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 único método admitido para obtener etanol para el consumo humano.

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.

A escala de laboratorio también se pueden utilizar desecantes como el magnesio, que reacciona con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio.

3.7.4 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 etanol y agua que posteriormente hay que purificar mediante alguno de los procesos descritos más arriba.

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.

3.7.5 Mezclas combustibles con etanol

Generalmente, cuanto mayor es el contenido de etanol en una mezcla de gasohol, más baja es su conveniencia 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), requiriendo por tanto cambiar el cociente de compresión o la sincronización de la chispa para obtener el rendimiento máximo. Cambiar un coche que utilice gasolina pura como combustible a un coche que utilice etanol puro como combustible, necesita carburadores y cabales más grandes (un aumento de área de cerca del 30-40%). (El metanol requiere un aumento uniforme más grande de área, aproximadamente 50% más grande). Los motores de etanol también necesitan un sistema de arranque en frío para asegurar la suficiente vaporización con temperaturas por debajo de 13°C (55°F) para maximizar la combustión y reducir al mínimo la no combustión de etanol no vaporizado. Sin embargo, una mezcla de gasolinas con un 10 a un 30% de etanol, no necesita en general ninguna modificación del motor. La mayoría de coches modernos pueden funcionar con estas mezclas sin ningún problema.

El gasohol E10, la variante más común, se ha introducido por toda Dinamarca, y en 1989, Brasil produjo 12 mil millones de litros de etanol para combustible a partir de la caña de azúcar, que fue utilizado para mover 9.2 millones de coches. También suele estar disponible en el medio-Oeste de Estados Unidos y es el único tipo de gasolina que puede ser vendida en el estado de Minnesota. Las mezclas similares incluyen el E5 y el E7. Estas concentraciones son generalmente seguras para los últimos motores de automóvil, sin modificar, y algunas regiones y municipios asignan por mandato los límites en la cantidad de etanol en los combustibles vendidos. Un método para medir la cantidad de combustibles alternativos en EE.UU. es mediante “galones equivalentes de gasolina” (GEG), en España se suelen utilizar las toneladas equivalentes de petróleo (tep). En el 2002, EE.UU. utilizó como combustible una cantidad de etanol igual a 137 petajulios (PJ), la energía de 1,13 mil millones de galones de EE.UU. (ó 4.280.000 m³) de gasolina, lo que representa menos del 1% del total de combustible consumido ese año.



*Figura No. 12. Bus E96 en Suecia
(Cortesía de <http://www.greenfleet.info>)*

El término "E85" se utiliza para la mezcla de un 15% de gasolina (por volumen) y de un 85% de etanol. Esta mezcla tiene un octanaje de cerca del 105. Lo cual es sensiblemente más bajo que el etanol puro, pero mucho mayor que el de la gasolina normal. La adición de una pequeña cantidad de gasolina ayuda a un motor convencional a arrancar al estar el motor (y el combustible) frío. El E85 no contiene

siempre exactamente un 85% de etanol. En invierno, especialmente en climas más fríos (se entiende que más fríos que España, Colombia, Brasil, etc.), se agrega una mayor proporción de gasolina (para facilitar el arranque en frío). Normalmente el E85 ha tenido un costo similar a la gasolina, pero con las grandes alzas en el precio del petróleo del 2005 ha llegado a ser común ver E85 vendido hasta 0,15€ menos por litro que la gasolina, haciéndolo altamente atractivo al pequeño pero creciente número de usuarios con coches capaces de quemarlo.

Desde que apareció el modelo de 1999, va en aumento el número de vehículos en el mundo que se fabrican con motores que pueden funcionar con cualquier gasolina a partir 0% de etanol hasta el 85% sin modificación. Muchos coches comerciales ligeros (una clase que contiene monovolúmenes, todoterrenos y furgonetas) se diseñan como vehículos flexibles para utilizar varias combinaciones de combustible, pues pueden detectar automáticamente el tipo de combustible y cambiar el comportamiento del motor, principalmente la sincronización de la ignición y la relación de compresión para compensar los diversos octanajes del combustible en los cilindros del motor.

3.7.6 Producción y uso

3.7.6.1 Etanol como combustible en Colombia

El programa para etanol como combustible de Colombia comenzó en 2002 año en que el gobierno aprobó una ley que obligaba al enriquecimiento en oxígeno de la gasolina. Esto se hizo inicialmente para reducir las emisiones de monóxido de carbono de los coches.

Regulaciones más recientes eximieron al etanol elaborado a partir de biomasa de algunos impuestos que gravan la gasolina, haciendo así más barato el etanol que la gasolina. Esta tendencia se vio reforzada cuando los precios del petróleo subieron a principios de 2004 y con él interés en combustibles renovables (al menos para los coches). En Colombia el precio de la gasolina y del etanol es controlado por el gobierno. Complementariamente a este programa para el etanol existe un programa

para el biodiesel para oxigenar combustible diesel y para producir un combustible renovable a partir del aceite vegetal.

Al principio todo el interés en la producción del etanol venía de la industria de azúcar existente, ya que es relativamente fácil añadir un módulo para desarrollar etanol al final de una fábrica de azúcar y las necesidades energéticas son similares a las que se necesitarían para producir el azúcar. El gobierno alienta a convertir gradualmente las fuentes de combustible de los coches a una mezcla del 10 por ciento de etanol y de 90 por ciento de gasolina. Las plantas del etanol están siendo incentivadas por tratos fiscales. Ha habido interés en plantas de etanol de yuca (mandioca) y de nuevas plantaciones de la caña de azúcar, pero aún no se ha conseguido producir carbohidratos a bajo precio.

La primera planta de etanol (para usarlo como combustible) en Colombia comenzó a producir en octubre de 2005, con la producción de 300,000 litros al día en Cauca. Hasta marzo de 2006 cinco plantas, todas en el valle del Río Cauca (departamentos de Valle, Cauca y Risaralda), están operando con una capacidad combinada de 1, 050,000 litros por día o de 357 millones de litros por año. En el Valle del Cauca el azúcar se cosecha durante todo el año y las destilerías nuevas tienen una disponibilidad muy alta. La inversión total en estas plantas es de \$100 millones. Eventualmente, Colombia espera tener una capacidad de 2, 500,000 litros por día, que es la cantidad necesaria para agregar el 10% de etanol a la gasolina. El etanol producido se utiliza actualmente en las principales ciudades cerca del Valle del Cauca, tal como Bogotá, Cali, y Pereira, no existiendo suficiente producción para el resto del país.

3.7.6.2 Etanol como combustible en Brasil

En 2006, Brasil es el mayor productor y consumidor de etanol como combustible del 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 m³ de etanol por año. Las

fábricas del etanol en el Brasil mantienen un balance energético positivo (del +34%) al quemar la parte que no produce azúcar de la caña. 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.

3.7.6.3 Etanol como combustible en EUA

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. Para solucionarlo habría que seguir una estrategia amplia para la adopción de surtidores, la disponibilidad sería entonces satisfactoria. Otro aspecto de su disponibilidad es que está actualmente solamente disponible en el medio oeste (relativamente poco poblado), donde se refina el etanol. A fecha de 27 de abril de 2006, en EEUU hay una capacidad productiva de 4485.9 millones de galones (unos 17 millones de m³) al año y se construye para aumentarla en 2229.5 millones de galones por año más (unos 8.4 millones de m³).

3.7.6.4 Etanol como combustible en Europa

El continente europeo ha sido tradicionalmente más proclive a los coches pequeños y eficientes, todo lo contrario que los EE.UU. donde los coches son de mayor cilindrada y el consumo de petróleo no ha afectado lo más mínimo hasta hace bien poco. Esta tendencia de los europeos no se ha visto reflejada sin embargo a la hora del desarrollo de nuevos combustibles como el etanol, con unas posibilidades interesantes, y más en una región como Europa: con mucha superficie agrícola (y por lo tanto desechos aprovechables) y una escasa disponibilidad de petróleo. Esto está cambiando en los últimos años, ya que las empresas de automóviles europeas comienzan a desarrollar nuevos modelos optimizados para el mejor aprovechamiento del combustible vegetal en cuestión. Como ejemplo de esto tenemos el motor Biopower desarrollado por la empresa sueca de automóviles Saab. En cuanto a la producción de bioetanol en Europa,

España es el país con mayor producción con alrededor del 30% de los más de 900 millones de litros de capacidad instalada en 2005.

3.7.6.5 Etanol e hidrogeno

El hidrógeno se está analizando como combustible alternativo, creando la economía del hidrógeno. Dado que el hidrógeno en su estado gaseoso ocupa un volumen muy grande comparado a otros combustibles, la logística se convierte en un difícil problema. Una posible solución es utilizar el etanol para transportar el hidrógeno (en la molécula de etanol), para después liberar el hidrógeno del carbono asociado en un reformador de hidrógeno y así alimentar una celda de combustible con el hidrógeno liberado. Alternativamente, algunas celdas de combustible, Direct Ethanol Fuel Cell (DEFC) se pueden alimentar directamente con etanol o metanol. A fecha de 2005, las células de combustible pueden procesar el metanol más eficientemente que el etanol.

A principios de 2004, los investigadores de la universidad de Minnesota anunciaron la invención de un reactor simple de etanol, con el que se alimentaría, y a través de un apilado de catalizadores, emitiría en la salida hidrógeno que podría ser utilizado en las celdas de combustible. El dispositivo utiliza un catalizador de rodio-cerio para la reacción inicial, lo cual ocurre a una temperatura de cerca de 700 °C. Esta reacción inicial mezcla el etanol, el vapor de agua, y el oxígeno y produce considerables cantidades de hidrógeno. Desafortunadamente, también da lugar a la formación de monóxido de carbono, una sustancia que obstruye la mayoría de las células de combustible y se debe pasar a través de otro catalizador en el que se convertirá en dióxido de carbono. (El monóxido de carbono inodoro, descolorido, e insípido también representa un peligro tóxico significativo si se escapa a través de la celda de combustible en el extractor, o si escapa en los conductos entre las secciones catalíticas). Los últimos productos del dispositivo son gas de hidrógeno, casi 50%, y nitrógeno, 30%, con el 20% restante que es sobre todo dióxido de carbono. El nitrógeno y el dióxido de carbono son bastante inertes cuando la mezcla se bombea en una célula de combustible apropiada. El dióxido de carbono se lanza

nuevamente dentro de la atmósfera, donde puede ser reabsorbido por la planta de la que se extrae el etanol cerrando así el ciclo. No se lanza nada de dióxido de carbono neto, aunque se podría discutir que mientras está en la atmósfera, actúa como gas invernadero.

3.7.7 Balance de energía

Para que el etanol contribuya perceptiblemente a las necesidades de combustible para el transporte, necesitaría tener un balance energético neto positivo. Para evaluar la energía neta del etanol hay que considerar tres variables:

La cantidad de energía contenida en el producto final del etanol.

La cantidad de energía consumida directamente para hacer el etanol (tal como el diesel usado en tractores).

La calidad del etanol que resultaba comparado a la calidad de la gasolina refinada y la energía consumida indirectamente (para hacer la planta de proceso de etanol, etc).

Aunque es un asunto que crea discusión, algunas investigaciones que hagan caso de la calidad de la energía sugieren que el proceso toma tanta o más energía combustible fósil (en las formas de gas diesel, natural y de carbón) para crear una cantidad equivalente de energía bajo la forma de etanol. Es decir la energía necesitada para funcionar los tractores, para producir el fertilizante, para procesar el etanol, y la energía asociada al desgaste en todo el equipo usado en el proceso (conocido como amortización del activo por los economistas) puede ser mayor que la energía derivada del etanol al quemarse. Se suelen citar dos defectos de esta argumentación como respuesta:

No se hace caso a la calidad de la energía, cuyos efectos económicos son importantes. Los efectos económicos principales de la comparación de la calidad de

la energía son los costos de la limpieza de contaminación del suelo que provienen de derrames de gasolina al ambiente y costos médicos de la contaminación atmosférica resultado de la refinación y de la gasolina quemada.

La inclusión del desarrollo de las plantas del etanol inculca un prejuicio contra ese producto basado estrictamente sobre la pre-existencia de la capacidad de refinación de la gasolina. La decisión última se debería fundar sobre razonamientos económicos y sociales a largo plazo. El primer argumento, sin embargo, sigue debatiéndose. No tiene sentido quemar 1 litro de etanol si requiere quemar 2 litros de gasolina (o incluso de etanol) para crear ese litro.

La mayor parte de la discusión científica actual en lo que al etanol se refiere gira actualmente alrededor de las aplicaciones en las fronteras del sistema. Esto se refiere a lo completo que pueda ser el esquema de entradas y salidas de energía. Se discute si se deben incluir temas como la energía requerida para alimentar a la gente que cuida y procesa el maíz, para levantar y reparar las cercas de la granja, incluso la cantidad de energía que consume un tractor. Además, no hay acuerdo en qué clase de valor dar para el resto del maíz (como el tallo por ejemplo), lo que se conoce comúnmente como coproducto. Algunos estudios propugnan que es mejor dejarlo en el campo para proteger el suelo contra la erosión y para agregar materia orgánica. Mientras que otros queman el coproducto para accionar la planta del etanol, pero no evitan la erosión del suelo que resulta (lo cual requeriría más energía en forma de fertilizante). Dependiendo del estudio, la energía neta varía de 0.7 a 1.5 unidades de etanol por unidad de energía de combustible fósil consumida. En comparación si el combustible fósil utilizado para extraer etanol se hubiese utilizado para extraer petróleo y gas se hubiesen llenado 15 unidades de gasolina, que es un orden de magnitud mayor.

La extracción no es igual que la producción. Cada litro de petróleo extraído es un litro de petróleo agotado. Para comparar el balance energético de la producción de la gasolina a la producción de etanol, debe calcularse también la energía requerida

para producir el petróleo de la atmósfera y para meterlo nuevamente dentro de la tierra, un proceso que haría que la eficiencia de la producción de la gasolina fuese fraccionaria comparada a la del etanol. Se calcula que se necesita un balance energético de 200 %, o 2 unidades de etanol por unidad de combustible fósil invertida, antes de que la producción en masa del etanol llegue a ser económicamente factible.

3.7.8 Efectos ambientales

3.7.8.1 Polución del aire

Comparado con la gasolina sin plomo convencional, el etanol es una fuente de combustible que arde formando dióxido de carbono y agua, como la gasolina. Para cumplir la normativa de emisiones se requiere la adición de oxígeno para reducir emisiones del monóxido de carbono. El aditivo metil tert-butil éter actualmente se está eliminado debido a la contaminación del agua subterránea, por lo tanto el etanol se convierte en un atractivo aditivo alternativo. Como aditivo de la gasolina, el etanol al ser más volátil, se lleva consigo gasolina, lanzando así más compuestos orgánicos volátiles (VOCs, Volatil Organic Compounds).

El uso de etanol puro en lugar de gasolina en un vehículo aumenta las emisiones totales del dióxido de carbono, por cada kilómetro, en un 6%. Si de algún modo se reduce la emisión total, pudiera deberse al proceso agrícola que se necesita para crear el biofuel que produce ciertas emisiones del CO.

Considerando el potencial del etanol para reducir la contaminación, es igualmente importante considerar el potencial de contaminación del medio ambiente que provenga de la fabricación del etanol. En 2002, la supervisión de las plantas del etanol reveló que lanzaron VOCs en una tasa mucho más alta que la que se había divulgado anteriormente. Se producen VOCs cuando el puré fermentado de maíz se seca para venderlo como suplemento para la alimentación del ganado. Se pueden unir a las plantas oxidantes termales u oxidantes catalíticos para consumir los gases peligrosos.

3.7.8.2 Plomo

En el pasado, cuando los granjeros destilaban su propio etanol, utilizaban a veces los radiadores como parte del alambique. Los radiadores contenían a menudo plomo, que contaminaba el etanol. El plomo pasaba al aire al quemarse el combustible contaminado, generando problemas de salud (saturnismo). Sin embargo ésta era una fuente de plomo menos importante que el tetraetilo de plomo que se empleaba como aditivo corriente de la gasolina, como antidetonante (hoy prohibido en la mayoría de los países). Hoy día, el etanol para uso como combustible se produce casi exclusivamente en plantas construidas ad-hoc, evitando así cualquier remanente de plomo.

3.7.8.3 Efectos del etanol en la agricultura

Los ecologistas han hecho algunas objeciones a muchas prácticas agrícolas modernas, incluyendo algunas prácticas útiles para hacer el bioetanol más competitivo.

3.7.8.4 Recurso renovable

El etanol puede convertirse en una opción interesante a medida que la humanidad se acerque al fin de otras fuentes como el petróleo o el gas natural.

De todas formas para que pueda considerárselo un recurso realmente renovable el balance energético debe ser positivo. Es importante que en los debates aún abiertos las versiones pesimistas adviertan del uso de pesticidas y fertilizantes. De todas formas la cantidad de pesticidas utilizados varía mucho de si el maíz va dirigido a las personas o a los motores, ya que es en la primera opción en el que se hace un uso más intenso de los pesticidas.

IV. CONCLUSIONES

El uso de etanol como combustible esta siendo utilizado ampliamente por otros países del mundo, podemos concluir que el uso del etanol como combustible permitirá la obtención de energía a partir de una fuente renovable, disminuirá el uso de las gasolinas y la contaminación ambiental de las grandes ciudades.

El etanol, es un combustible biológico renovable que se produce a partir de la caña de azúcar, y también se puede extraer del maíz.

Existen varios países que están utilizando el etanol como combustible entre ello se encuentran Brasil, Estados Unidos, los cuales han aumentado el numero de vehículos que utilizan este combustible y sus empresas automotrices están preparadas para la producción masiva de automóviles que consuman esta fuente de energía.

El etanol, que tiene la ventaja de que puede utilizarse solo o mezclado con la gasolina.

La principal fuente de producción de etanol en el mundo es la caña de azúcar y maíz, por lo que es importante buscar productos vegetales que no compitan con la producción de alimentos

V.- BIBLIOGRAFÍA

- 1.- CARDENAS Gutiérrez, Jorge. A B C de los Alcoholes Carburantes: Programa Multipropósito. Federación Nacional de Biocombustibles.
- 2.- Corrales González, Alberto. Integración industrial de la planta “Francisco Ayala” de Morelos para la producción de Etanol a partir de la caña de azúcar, Yautepec, Mor. 1994.
- 3.- Cuadros J. y J. Menacho. 1994. conferencia internacional de población y desarrollo. El Cairo.
- 4.- Diario La Opinión. Roberto Álvarez Quiñones
roberto.alvarez@laopinion.com
12 de febrero de 2006
- 5.- Mejía Aguilera, David. Biogás. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 2005
- 6.- Memorias [del] I Simposio colombiano sobre alcohol carburante. Simposio Colombiano sobre alcohol carburante. 1999 Mayo. 18-22. Cali, Colombia
- 7.- NAVARRO Serrano, Alfredo. Bosquejo para un programa de alcohol carburante en Colombia.
- 8.- NAVARRO Serrano, Alfredo. Producción de alcohol carburante en Colombia: aspectos técnicos.
- 9.- Revista Pangea. Gobernación de Cundinamarca. Mayo del 2003.
- 10.- WEAST, Robert C. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Primera Edición.

Vinculación Web

Danielle Murray - Earth Policy Institute

Esta página fue modificada por última vez el 16:08, 7 febrero del 2007.

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

<http://usuarios.lycos.es/biodieseltr/hobbies4.html>

<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/apr02/corn0402.htm> (Departamento de Agricultura de Estados Unidos.)

<http://www.concursoeducared.org/webs2005/sacogb07/PRESUPUESTO.htm>

<http://www.laopinion.com/columnist8/?rkey=00060212003207818795>

http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_58.asp?cuaderno=58

<http://www.sagarpa.gob.mx/Forma/documentos/ingenio03.htm>.

<http://www.solociencia.com/ecologia/06022704.htm>

www.colciencias.gov.co/

www.comercioexterior.ub.es/tesina/proyectos0506/primer_proyecto/Proyecto_CaicedoAllexYamil.doc

www.earth-policy.org

www.geocities.com/Colosseum/loge/3802/Metanoletanolypropanotriol.html

www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Cadena_Etanol.

www.presidencia.gov.com

www.sagarpa.gob.mx

www.aciem.com.or