

 *Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**

**UTILIZACIÓN DEL BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE
ALTERNATIVO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA
EN GUATEMALA**

**ANDRÉS JOSÉ DÍAZ BORRÁS
Asesorado por Ing. Mario Alfonso Pérez**

Guatemala, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**UTILIZACIÓN DEL BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA
MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANDRÉS JOSÉ DÍAZ BORRÁS

ASESORADO POR ING. MARIO ALFONSO PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Julio Cesar Molina Zaldaña
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

UTILIZACIÓN DEL BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, con fecha 14 de mayo del 2004.

Andrés José Díaz Borrás



Guatemala, 9 de septiembre del 2004

Señora Directora
Escuela de Ingeniería Mecánica-Industrial
Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señora Directora:

Por medio de la presente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he tenido a la vista el trabajo de graduación del estudiante universitario Andrés José Díaz Borrás, titulado: **UTILIZACIÓN DEL BIODIESEL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA EN GUATEMALA**, el cual lo encuentro satisfactorio.

En tal virtud, lo doy por aprobado, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

Í D Y ENSEÑAD A TODOSÎ

Ing. Mario Alfonso Pérez
Asesor de Trabajo de Graduación
Colegiado: 1379
Ingeniero Mecánico

DEDICATORIA

A:

DIOS

Por darme el regalo de la vida, por su infinita misericordia y su inmenso amor. ¡GRACIAS DIOSITO!

VIRGEN MARÍA

Por ser mi madrecita divina que me protege y me cuida desde los cielos.

MIS PADRES

José Manuel Díaz Cabrera y
Aída Liliana Borrás Uribio de Díaz
Por ser la luz en mi camino, el aliento en mi cansancio, la paz en mi perturbación, la sabiduría en mi ignorancia, el esfuerzo en mi debilidad. POR SER..... MI TODO!
¡GRACIAS PADRES, LOS AMO!

MIS HERMANOS

Manuel Orlando Díaz Borrás, Joselyn Estrada y
Melissa Andrea Díaz Borrás
Por ser el apoyo incondicional que nunca me dejo caer.

MI SOBRINO

Rodrigo José Díaz Estrada
Por devolver a mi vida esa inocencia a través de una linda mirada.

MIS ABUELITAS

Josefina Cabrera de Díaz y
María Aída Uribio de Borrás
Por enseñarme que la sabiduría llega con los años y que solo la experiencia nos hace sabios. ¡Gracias Abuelitas!

MI ABUELITO

Luis Álvaro Borrás Medina (Q.E.P.D.)

Por enseñarme otra forma de vivir la vida. ¡Gracias abuelito, te veo mas tarde..... mucho más tarde!

MIS TÍOS

En especial:

Rosa de Molina, Moisés Molina y
Alba Dinora Borrás

Porque cada una de sus palabras de aliento fueron gasolina para llegar a esta meta.

Marco Tulio García, por ser el vivo ejemplo de que el amor no muere en la distancia.

MIS PRIMOS

En especial:

Alejandro Molina, Laura de Molina, Claudia Molina, Pamela Higüeros y Gabriel Higüeros. Por estar allí cuando más los he necesitado.

MIS AMIGOS

En especial:

Oscar David Gómez Rivera

Francisco Salvador Videz

Carlos Roberto Tejeda

Paúl Alberto Chinchilla

José Roberto Abelar

Ana Beatriz Estrada

Julio Gerardo Orellana

Andrea Rodas Rodríguez

Rodrigo Ayala

César Irungaray

Oscar Jurado

ECO FRERES



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Por tantas, tantas y tantas historias que hemos construido juntos. GRACIAS MUCHÁ, LOS LLEVO EN EL CORAZÓN!!!

LA FAMILIA

Mansilla Domínguez

En especial a: Cinthia Mansilla
por su apoyo y cariño.

LOS INGENIEROS

Mario Alfonso Pérez

Herbert Miranda y

Marcia Ivonne Véliz Vargas
por su asesoría y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	X
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. El mercado de los combustibles	1
1.1.1. Combustibles fósiles	2
1.2. Mercado de combustibles en Guatemala	5
1.3. Tendencias de uso de combustibles alternos	10
1.3.1 Otros combustibles alternos	12
1.4. Exploración de nuevos combustibles	22
1.5. Origen del biodiesel	27
1.5.1 Plantas oleaginosas	29
1.5.2 Siembra de plantas oleaginosas	30
1.5.3 Extensión de producción de plantaciones oleaginosas en el país	32
1.5.3.1 Rendimiento de aceites por plantación	33
1.6. Estructura química del biodiesel	35
1.6.1 Fórmula molecular	35
1.6.2 Estructura molecular	36
1.7. Estructura física del biodiesel	38

1.7.1.	Índice de viscosidad	39
1.7.2.	Punto de inflamación	39
1.7.3.	Color	40
1.7.4.	Peso	40
1.7.5.	Volumen	41
2.	MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	43
2.1.	Plantas oleaginosas aptas para la producción en Guatemala	43
2.2.	Métodos para la producción del biodiesel	44
2.2.1	Método casero	44
2.2.1.1	Proceso del método casero	45
2.2.1.2	Materias primas	48
2.2.1.3	Tiempo requerido para obtener el producto terminado	49
2.2.2	Método industrial	49
2.2.2.2	Materias primas utilizadas para la producción	50
2.2.2.3	Maquinaria necesaria para la producción	51
2.2.2.4	Tiempo requerido para obtener el producto terminado	56
2.2.2.5	Métodos de almacenaje	57
2.2.2.6	Vida útil del biodiesel	59
2.3.	Capacidad de producción en el país	60
2.4.	Plantas productoras ya existentes	60
3.	COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	63
3.1.	Costos de desarrollar los productos primarios	63
3.2.	Costos de producción de materia prima	67
3.2.1.	Costos de producción por hectárea de plantaciones oleaginosas	67
3.2.2.	Costos de mano de obra y maquinaria en plantaciones	68
3.3.	Costos de fabricación de una planta productora	

de biodiesel	69
3.4. Costo de la maquinaria utilizada para la producción de biodiesel	69
3.5. Costo del proceso de producción	70
3.5.1 Mano de obra	71
3.5.2 Gastos de planta	72
3.5.2.1 Energía eléctrica	72
3.5.2.2 Costo de almacenaje	73
3.5.2.3 Otros	73
3.6. Venta de biodiesel	74
3.7. Rentabilidad de producción de biodiesel	75

4. APLICACIÓN DE BODIESEL A MOTORES

DE COMBUSTIÓN INTERNA	77
4.1. Motores de combustión interna	77
4.1.1. Principios fundamentales	82
4.1.2. Funcionamiento	87
4.1.3. Aplicaciones	92
4.2. Similitud entre el biodiesel y el diesel de origen fósil	93
4.3. Sustitución del diesel por el biodiesel en los motores de combustión interna	94
4.3.1. Cambios necesarios	94
4.3.2. Funcionamiento	95
4.3.3. Rendimiento y desempeño	96
4.4. Comparación entre diesel y biodiesel	97
4.4.1 Potencia	97
4.4.2 Eficiencia	99
4.4.3 Contaminantes	102
4.5. Pruebas realizadas	104
4.6. Resultados de pruebas realizadas	110

5. BENEFICIOS EN LA APLICACIÓN DE BIODIESEL	113
5.1. Beneficios ambientales	113
5.1.1 Residuos del biodiesel	114
5.1.2 Contaminación al ambiente	115
5.1.2.1 Capa de ozono	121
5.1.2.2 Alteración del ecosistema	125
5.1.2.3 Problemas al ser humano	128
5.1.2.3.1 Enfermedades relacionadas con contaminación por humo	129
5.2. Beneficios de producción	132
5.2.1 Guatemala un país de agricultura	133
5.2.2 Aumentar la producción de plantaciones oleaginosas	133
5.2.2.1 Generación de empleos en el interior de la republica	134
5.2.2.2 Mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes	134
5.2.3 Aumento en la industria	135
5.2.3.1 Generación de empleos a nivel industrial	136
5.3. Beneficios de costo de producción	136
5.3.1. Diferencia de precio entre el biodiesel y el diesel	137
5.3.2. Ahorro en mantenimiento de maquinaria	138
5.4 Estrategia de implementación y seguimiento para el uso de biodiesel	138
CONCLUSIONES	141
RECOMENDACIONES	144
BIBLIOGRAFÍA	146
ANEXOS	148

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Importaciones de gasolina y diesel por compañía en Guatemala	9
2. Diagrama de proceso de bio-etanol	16
3. Estructura molecular de los triglicéridos	34
4. Proceso de transesterificación	35
5. Motor de combustión Interna	74
6. Ciclo de un motor de cuatro tiempos	83
7. Ciclo ideal de combustión interna	84
8. Diesel Vs. Biodiesel (potencia en motores John Deere 5410)	98
9. Diesel Vs. Biodiesel (potencia en motores Valtra BH 180)	99
10. Diesel Vs. Biodiesel (eficiencia por medio del par motor en motores John Deere 5410)	100
11. Diesel Vs. Biodiesel (eficiencia por medio del consumo horario en motores John Deere 5410)	101
12. Emisión de gases de un motor de combustión interna	103
13. Comparación de emisión CO ₂ entre diesel y biodiesel	104
14. Ciclo del carbono	114
15. Biodegradabilidad y toxicidad	120
16. Capa de ozono	124
17. Ciclo de producción de biodiesel y efectos al ecosistema	128

TABLAS

I.	Participación porcentual de los diferentes generadores de energía	1
II.	Productores mayoritarios de combustible a nivel mundial	2
III.	Producción de biodiesel en países europeos	23
IV.	Rendimiento de aceite por hectáreas en litros	34
V.	Costos de producción en Guatemala	66
VI.	Características de los tractores sometidos a pruebas	105
VII.	Características del biodiesel empleado para pruebas	106
VIII.	Características del gasoil utilizado para pruebas	108
IX.	Resultado de las pruebas realizadas	110

LISTA DE SÍMBOLOS

API	Instituto Americano de Petróleo.
APROFAM	Asociación Pro-Bienestar de la Familia de Guatemala
ASA	American Standard Asociation
ASTM	American Society for Testing and Materials
AURI	Agricultural Utilization Research Institute
BNP/D	Barriles por día
CFCs	Clorofluorocarbonados
Cp	Capacidad calorífica a presión constante
Cv	Capacidad calorífica a volumen constante
ETBE	Ethyl tertiary butyl ether
EPA	Environmental Protection Agency
G/cm³	Gramo / centímetro cúbico
IRAM	Institute of Range and the American Mustang
ISR	Impuesto Sobre la Renta

IVA	Impuesto al Valor Agregado
Kw/hora	Kilowatt / hora
Lts	Litros
Lts/dia	Litros por día
MAGA	Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación
MCI	Motores de Combustión Interna
MEM	Ministerio de Energía y Minas
Mt²	Metros cuadrados
mm² / seg	Milímetro cuadrado / segundo
MTBE	Methyl Tertiary Butyl Ether
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries
p_a	Presión atmosférica
Ph	Medida de Acidez o Basicidad de un Compuesto
pie³/lb_m	pie cúbico / libra
pie³/mol	pie cúbico / mol
Q_{abs}	Calor absoluto



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

Rpm	Revoluciones por minuto
USDA	United Status Department of Agriculture
VPN	Valor Presente Neto

GLOSARIO

Amianto	forma fibrosa de varios minerales y silicatos hidratados de magnesio.
Biocarburantes	productos que se están usando como sustitutivos de la gasolina y del gasóleo de vehículos y que son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola.
Bioesteraje	porcentaje de biodiesel puro que se encuentra en el combustible
Biomasa	conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de ésta
Carburantes	Que contiene hidrocarburo.
Cigüeñal	Parte de un motor que transmite potencia.
Eólica	Terreno o roca que se forma por la acción de un viento.
Émbolo	Tipo de empaque de caucho que forma un sello en las piezas.
Etil	Prefijo que indica la presencia del radical etilo en un cuerpo compuesto.

Gasohol	Mezcla de nueve partes de gasolina sin plomo y una parte de alcohol (etanol o metanol.)
Gasoil	Combustible obtenido de fósiles (diesel).
Gasóleo	Mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo crudo.
Hidrólisis	Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, ya por exceso de agua, ya por la existencia de una corta cantidad de fermento o de ácido.
Hollín	Desecho producido por una combustión.
Ignición	Proceso de encendido de una sustancia combustible. Se produce cuando la temperatura de una sustancia se eleva hasta el punto en que sus partículas llegan a su punto de inflamación.
Nocivos	Dañino para la salud.
Oleoducto	<u>conducción metálica de gran diámetro empleada en el transporte a grandes distancias de petróleo y sus productos refinados.</u>
Parcelamiento	Pedazo de tierra que no se puede clasificar como finca.
Viscosidad	Propiedad de los fluidos que se opone al deslizamiento.

RESUMEN

El biodiesel es un combustible derivado de materia orgánica, éste se puede obtener de cualquier tipo de materia viviente, pero lo más recomendable por su alto contenido de aceite son las plantaciones oleaginosas. Dentro de las plantaciones oleaginosas se encontró que la Palma Africana es la que más cantidad de ácidos grasos contiene, por eso es la más rentable.

Para fabricar el biodiesel existen dos métodos; el método casero el cual consiste en agregar metanol o etanol al aceite para crear una transesterificación en donde se separa la estructura del triglicérido y produce biodiesel y glicerol. Este método es muy tardado y la calidad de biodiesel obtenida no es la mejor, por lo cual para altas producciones de biodiesel se ha descartado totalmente. El otro método, es el industrial el cual consiste en hacer una pre-limpieza del aceite (por medio de un molino de aceite) en donde se separa el aceite y la harina, luego se pasa a la unidad de refinamiento y transesterificación y, por último, a la unidad de purificación y separación de glicerol.

Este último método, ofrece una producción en línea muy alta y la calidad se puede supervisar en todas las etapas del proceso. El tiempo de producción es relativamente bajo y puede llegar a ser altamente rentable.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

El biodiesel tiene un costo de producción de alrededor de un 10% más alto que el diesel, pero se deben de tomar en cuenta que los beneficios ambientales y los beneficios de mantenimiento son mayores. Agregando a esto la tendencia al alza del crudo, se puede decir, que el biodiesel será dentro de poco tiempo el sustituto ideal de los combustibles de origen fósil.

El rendimiento del biodiesel es relativamente más bajo que el diesel, pero esto es compensado con la limpieza con la que trabaja el biodiesel dentro del motor, ya que el mantenimiento se debe de hacer en un intervalo de tiempo más prolongado. El único cambio que se debe de realizar en un motor de combustión interna son las mangueras conductoras de diesel. Estas comúnmente están fabricadas de caucho natural, el biodiesel corroe el caucho natural, por lo cual éstas deben de ser reemplazadas por caucho sintético.

OBJETIVOS

- **General**

Realizar un análisis de las facilidades de producción en la industria de biodiesel en Guatemala.

- **Específicos**

1. Conocer los antecedentes históricos generales de los combustibles en general y del biodiesel.
2. Analizar las operaciones y procesos realizados dentro de una facilidad de producción.
3. Determinar los elementos básicos de una facilidad de producción.
4. Realizar un análisis de las principales diferencias entre el biodiesel y otros combustibles fósiles.
5. Comparar las diferencias de uso del biodiesel en los motores de combustión interna.
6. Determinar el método de producción de acuerdo a su factibilidad, eficacia, costo / beneficio.
7. Proponer una estrategia de implementación y seguimiento para el uso de biodiesel en Guatemala.

INTRODUCCIÓN

Desde principios del siglo pasado la tecnología ha experimentado cambios drásticos en el uso de maquinaria. Uno de estos cambios es la utilización de combustibles fósiles extraídos de la tierra. Este tipo de combustible es procesado para crear lo que en la industria y el transporte se conoce como diesel. Hace más de una década se descubrió una nueva manera de crear combustible, esta nueva manera es menos dañina para el medio ambiente y se puede considerar un recurso renovable, por el hecho de que proviene de materia orgánica, se le ha dado el nombre de biodiesel. Naciones interesadas, han desarrollado esta nueva forma de mover máquinas, lo que ha llevado a resultados increíbles y esperanzadores.

Entre las naciones que han experimentado este nuevo combustible se encuentran: Argentina y España. Estas naciones se han dedicado a la extracción de biodiesel por medio de plantaciones oleaginosas e implementando métodos más eficientes para su fabricación. Guatemala, por su parte, es un país en vías de desarrollo y no cuenta con la tecnología suficiente para la creación del biodiesel, sin embargo, se tiene un gran porcentaje de plantaciones oleaginosas y los recursos necesarios para fabricarlo.

Con este trabajo entonces se pretende realizar un análisis detallado de los diferentes aspectos que involucra la producción de biodiesel en facilidades industriales y la aplicación a motores de combustión interna, tales como motores de riego para plantaciones, tractores y maquinaria pesada en general.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 El mercado de los combustibles

El mercado de los combustibles presenta importantes niveles de consumo en la generación y crecimiento de la economía mundial, por ejemplo, los países desarrollados, englobados dentro de la OECD, han basado su desarrollo en el uso intensivo del petróleo crudo y sus derivados, creando un alta dependencia energética de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, OPEP (Arabia Saudita, Argelia, Indonesia, Irak, Irán, Kuwait, Líbano, Nigeria, Qatar, Unión de Emiratos Árabes y Venezuela). En el siguiente cuadro se muestra la participación porcentual energética histórica del periodo 1998 . 2000, así como proyecciones de participación hacia el año 2020.

Tabla I. Participación porcentual de los diferentes generadores de energía

	1998	2000	2010	2020
Petróleo	41.3	41.3	40.3	39.2
Gas	22.2	22.4	24.1	26.6
Sólidos	26.2	26.1	26.3	25.8
Hídrica y Nuclear	10.4	10.3	9.3	8.5

Fuente: OPECB World Energy Model (OWEN) Scenarios Report, marzo de 2000.

Como puede observarse desde el lado de la oferta de energía existe una concentración de la misma en el área de los hidrocarburos (gas y petróleo) y esta provendrá en alto porcentaje del grupo de países de la OPEP, situación que se mantendrá durante el primer cuarto del presente siglo.

1.1.1. Combustibles Fósiles

Si se analiza el mercado de los combustibles fósiles, nos podemos dar cuenta que la producción de petróleo es liderada por los miembros de la OPEP ya que de los 5 principales productores mundiales, el primero y cuarto lugar están ocupados por dos de sus países miembros tal como se muestra a continuación:

Tabla II. Productores mayoritarios de combustibles a nivel mundial

<i>País</i>	<i>Producción de crudo en millones de barriles por día (1 barril = 159 litros)</i>
Arabia Saudita	7.565
Unión Soviética (ex)	7.434
Estados Unidos de N. América	5.925
Iran	3.439
China	3.212

Fuente: OPEC, Annual Statistical Bulletin 1999

Esta situación hace que los miembros de la OPEP, por medio de la regulación de los volúmenes producidos, tenga participación en la determinación de los precios internacionales del petróleo crudo, inclusive en algunas circunstancias las reducciones pactadas en su producción son también adoptadas por otros productores, tal como aconteció en 1999 cuando esta resolución fue aceptada por México, Noruega, Omán y Rusia.

Si bien estas regulaciones están originadas en los estatutos constitutivos de la OPEC (1960) que le dan mayor importancia a la necesidad de estabilizar los precios del mercado internacional y simultáneamente satisfacer las demandas de corto, mediano y largo plazo, esta posición no es totalmente aceptada por los países consumidores, que ven afectados los precios de los combustibles cuando estas regulaciones disminuyen los volúmenes producidos y generan un incremento de los precios del crudo y de sus derivados, afectando así a la totalidad de la actividad económica mundial.

La posición anterior es rechazada por la OPEP, al señalar que en la mayoría de los países los diferentes impuestos que actúan sobre el precio final de los combustibles determinan que el precio del mismo al consumidor sea superior al 100% del valor del mismo en refinería, es decir que los ingresos generados por la venta de combustibles en un país dado le generan a este, mayores ingresos que los percibidos por los miembros de la OPEP.

Al respecto cabe señalar, por ejemplo, que: el precio de la nafta (en los Estados Unidos de Norte América) el 16 de julio de 2001 era de \$ 1,46 por galón. Esto es 29 centavos menos que el mayor precio de mayo de \$ 1,75 por galón y 18 centavos menos que la media del pasado julio anterior. En términos deflacionados y expresados en dólares del 2001, el valor de hoy es menor que el vigente en 1982, año en que se registra el récord histórico de su valor con \$ 2,64 por galón.

Entre este valor y el actual el precio real de la nafta para el consumidor se contrajo a \$ 1,18 por galón. Esta declinación del precio puede ser atribuida a la declinación del precio del crudo, pero los costos de elaboración, distribución y comercialización también se han contraído.

El costo del crudo declina \$ 1,07 por galón, desde los \$ 1,64 por galón de 1981 a los \$ 0,57 por galón en julio del 2001. Los costos combinados de producción, distribución y marketing cayeron hoy 25 centavos por galón respecto a su valor de hace 20 años, promediando unos \$ 0,47 por galón contra los \$ 0,72 por galón de 1981. Solamente los impuestos se han elevado. En julio del 2001 las tasas abonadas en un galón de nafta suman 42 centavos, incluyendo 18,4 centavos por galón de los impuestos federales y 23,6 centavos por galón como promedio de las imposiciones estatales. Esta carga impositiva, en 1981 y en términos constantes solo era de 0,28 centavos por galón. %Dougher (2001)+

Este caso muestra como en uno de los países de menor carga fiscal en los combustibles (28% del valor de venta), ha incrementado la misma en términos reales. Paralelamente, el hecho de que las reservas de petróleo se encuentren concentradas en los miembros de la OPEP (78% del total de las mismas), ha llevado a los países consumidores a buscar fuentes alternativas de producción de energía, máxime si se considera que estas reservas, a los actuales niveles de consumo (76 millones de barriles por día), determinan un horizonte de aprovechamiento del orden de los próximos 80 años.

Esta información es también ratificada por Connemann (1999) quien señala que las reservas de los miembros de la OPEP alcanzarían para los próximos 78.7 años, mientras que el total de las existencias mundiales, a las actuales tasas de extracción solo permiten vislumbrar reservas para los próximos 41,9 años.

Independientemente de ello cabe señalar que en la reciente reunión de directivos de la ASA Urbanchuk (2001) expreso que las decisiones de la OPEP determinaron el crecimiento de los precios del crudo en mas de un 60% en estos dos últimos años, mientras que la producción de petróleo de los Estados Unidos de Norte América declinó en un 35% desde 1973 hasta ahora y su capacidad de refinación está en su máxima expresión, ya que en el último lustro se encontró trabajando en el orden del 95% de su capacidad instalada y por ende de continuar las cosas como están la dependencia de los Estados Unidos de Norte América de la importación de petróleo continuará incrementándose.

1.2 Mercado de combustibles en Guatemala

Guatemala es el único país centroamericano que produce petróleo, siendo la producción promedio de 25,000 BNP/D, esta cantidad esta por debajo del consumo interno nacional que es del orden de los 70,000 BNP/D. Además, por no tener una refinería apropiada la mayor parte debe exportarse a excepción de alrededor de unos 2,000 BNP/D, que se procesan para la obtención de asfalto, el petróleo mejorado del proceso se re-inyecta al oleoducto.

En los últimos años, La exploración petrolera ha sido limitada teniendo el país aún un potencial para el descubrimiento de nuevos yacimientos de hidrocarburos que aumenten la producción y, que eventualmente justifiquen la construcción de refinерías. En la actualidad existen firmados 7 contratos de operaciones petroleras, de los cuales 4 son de la modalidad de explotación, 1 de participación en la producción y 2 de opción sísmica.

Los contratos que están desarrollando campos petroleros son tres: El contrato 1-85, tiene 4 campos (Rubelsanto, Caribe, Chinajá y Tierra Blanca), el contrato 1-91 tiene 2 campos (Chocop y Yalpemech, ambos tienen un crudo entre 14° y 24° API, respectivamente, y el contrato 2-85 que explota el campo Xan; este campo tiene 28 pozos productores y 6 de inyección, con una media de producción de 18,000 BPD a 16° API.

En Guatemala hay tres tipos de cuencas hidrocarburíferas, las cuales son el resultado de actividad regional geológica y tectónica.

1.- Cuenca Petén: todos los campos petroleros actualmente activos se localizan en la Cuenca Petén. En la parte norte de la cuenca, la gravedad del petróleo es alrededor de 16° API, mientras que en la parte sur los campos petroleros tienen gravedades del orden de 22° - 38° API.

2.- Cuenca Amatique: existen varios manaderos de petróleo que indican la presencia de hidrocarburos en el subsuelo.

3.- Cuenca Pacífica: esta es una cuenca Terciaria de más de 10,000 pies de espesor, donde se han reportado muestras de gas.

Los pozos petroleros que mayor producción aportan son los 28 de desarrollo ubicados en el Campo Xan. Con menor importancia se tienen los del Campo Rubelsanto, Chocop, Chinajá. En la actualidad se han perforado cinco pozos horizontales, tres en el campo Xan y dos en Rubelsanto, con resultados satisfactorios. En total, a lo largo de las diferentes campañas exploratorias, realizadas en Guatemala, se han perforado alrededor de 100 pozos exploratorios, más de 40 con indicios, los cuales se encuentran sujetos a evaluación.

El transporte del petróleo crudo explotado en los contratos 1-85 y 2-85, es realizado a través de un oleoducto, el cual se encuentra dividido en tres secciones. La primera sección parte del campo Xan hacia la estación de bombeo de Raxruha, la segunda sección parte del campo de Rubelsanto hacia la estación de bombeo de Raxruha y, de esta estación parte el oleoducto hacia el Terminal de Piedras Negras, ubicado en el Puerto de Santo Tomás de Castilla, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de de 420,000 barriles petróleo.

Tramos del oleoducto:

- Xan-La Libertad: 123.4 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas.
- La Libertad-Raxruhá: 116.5 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas.
- Rubelsanto-Raxruhá: 42 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas.
-

- Raxruhá-Chahal: 52 kilómetros. Diámetro: 12 pulgadas.
- Chahal-Piedras Negras: 143 kilómetros. Diámetro: 10 pulgadas.

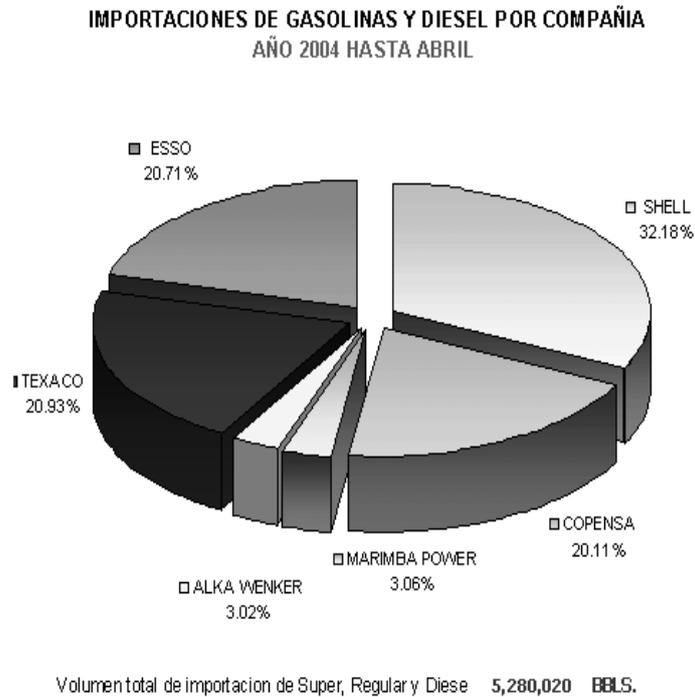
A pesar de que Guatemala ha crecido en la exploración de pozos petroleros, los niveles de producción, adicionados a las pobres características físicas y químicas, no han sido favorables para que se instale una refinería en el país. Esto obliga a Guatemala, a ser un país dependiente de los precios de los derivados del petróleo en el mercado internacional cuyo constante incremento afecta la economía. La factura petrolera para el año 2003 fue de US \$858 millones.

El consumo total de derivados de petróleo es de 67,000 barriles diarios, siendo los combustibles de mayor consumo por la población: diesel 946,000 galones, gasolinas con 767,000 galones y gas licuado de petróleo con 307,000 galones diarios.

La comercialización de los combustibles se regula en el Decreto 109-97 (Ley de Comercialización de Hidrocarburos), que entró en vigencia en el mes de diciembre de 1997, y su Reglamento contenido en el Acuerdo Gubernativo 522-99.

Los combustibles consumidos en el país, son importados y distribuidos en el mercado interno, por varias compañías transnacionales quienes fijan el precio de venta al consumidor final, de acuerdo al precio internacional de compra, tal como esta establecido por ley, lo anterior es así debido a que dicho normativo establece la libre comercialización. A continuación se presenta una grafica de la participación por empresa en el mercado de los combustibles en Guatemala:

Figura 1. Importaciones de gasolina y diesel por compañía en Guatemala



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

1.3 Tendencias de uso de combustibles alternos

Los incrementos de los precios internacionales en los combustibles fósiles, la contaminación que estos generan al ser quemados, y la alta dependencia de los mismos, ha incentivado la investigación orientada hacia la necesidad de lograr un desarrollo sustentable y menos contaminante del medio ambiente; en tal sentido, la comunidad internacional comenzó a desarrollar la tecnología apropiada que permita el desarrollo y uso de las fuentes de energía alternativas y renovables, las cuales no son nuevas sino que ante las ventajas del petróleo y su menor precio relativo habían sido desplazadas, en este contexto, hoy el mundo por diferentes circunstancias, marcha hacia el uso comercial de las energías renovables:

- 1) Hidráulica
- 2) Eólica
- 3) Solar
- 4) Química, y
- 5) Derivados de la biomasa

Por esta razón se entiende que estas nuevas formas de aprovisionamiento energético configuran: **EL FUTURO DEL PASADO**, ya que todas ellas tuvieron algún desarrollo y utilización en un pasado mas o menos remoto y luego fueran desplazadas para surgir ahora, con un renovado esplendor. En el caso particular de su empleo en motores de combustión interna cabe recordar que el inventor del motor diesel, Rudolph Diesel, empleo en sus ensayos aceite de maní y que el girasol fue utilizado por el Ing. Conti en sus ensayos de rendimiento de motores en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires a comienzos del siglo pasado.

Las razones por las cuales fueron abandonados estos estudios fueron:

- a) la tecnología desarrollada en los motores diesel se basa en el empleo de carburantes fósiles.
- b) Walton (1938) determinó, basándose en experiencias conducidas durante la década del 30, que el empleo de estos aceites como combustibles en su estado original, durante un periodo prolongado de tiempo determinaba fallas en los motores, tales como presencia de depósitos, etc.

Sin embargo, luego de un siglo de utilizar combustibles fósiles, el ser humano se ha encontrado con los problemas que estos han causado al medio ambiente, sin tomar en cuenta el alto costo que este ha adquirido en la última década y la escasez de las reservas. Esta compleja situación ha llevado al ser humano a sus inicios y con esto ha tratar de perfeccionar sustancias que pueden llegar a sustituir a los combustibles fósiles. El nuevo reto de los científicos y los ingenieros es crear una sustancia que pueda usarse como combustible, pero a la vez que esta no disminuya ninguna característica de eficiencia y potencia en los motores. Al mismo tiempo tiene que ser una sustancia que sea menos contaminante para el medio ambiente.

Con la nueva tecnología y los avances científicos se ha logrado iniciar los estudios respectivos para someter diferentes sustancias a pruebas, para así poder perfeccionar varias sustancias hasta que cumplan con su cometido. Un combustible mas barato con alto rendimiento, y que no contamine el medio ambiente.

1.3.1. Otros combustibles alternos

Biocombustibles. No es más que la utilización de productos naturales vegetales o residuos de origen vegetal para la generación de energía, siendo por lo tanto una de las posibilidades a nuestro alcance para reducir la contaminación atmosférica causada por los motores de explosión, y reducir nuestra dependencia de los energéticos fósiles.

Ejemplos del uso de la biomasa se tiene en el gas natural obtenido de la biomasa en descomposición, el bioetanol obtenido a partir de melaza y mieles de la caña de azúcar, la leña utilizada de manera tradicional o en la obtención de biometanol, con tecnología apropiada, y el biodiesel, es decir, el combustible obtenido de los aceites vegetales que son una fuente de energía conocida proveniente de semillas de productos agrícolas, siendo este uno de los biocombustible con más futuro.

En la obtención de energía biomásica, el sol es el gran motor energético, siendo la reacción química concedida por fotosíntesis una de las principales fuentes de transformación de la energía solar en energía química (capitalizada en forma de materia viva); en tal sentido, el crecimiento de las plantas y también la producción del oxígeno necesario para la vida están ligados a la fotosíntesis con un rendimiento de un 30%. Las plantas, tomando el dióxido de carbono de la atmósfera y el agua, son capaces de sintetizar compuestos más complejos.

La originalidad de la fotosíntesis es que toma la energía de los fotones de la luz del Sol y de las materias disponibles en la naturaleza (carbono, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio y agua), a partir de los cuales se almacena en forma de macromoléculas (glucosa, principalmente). Aunque el rendimiento energético de la fotosíntesis es muy bajo (entre un 3 y un 5 % de la energía solar se convierte en biomasa), lo compensa el hecho de que la energía solar es inagotable. A pesar de este bajo rendimiento, las plantas terrestres tienen un contenido energético de 3×10^{21} julios, es decir, unas 10 veces el consumo de la energía primaria de principios de los años noventa.

Actualmente, el aprovechamiento de las plantas para fines energéticos en los países industrializados no supera el 5 %, mientras que en los países no desarrollados constituye la principal fuente de energía (en forma de leña). La biomasa de las plantas se puede utilizar directamente a través de un proceso de combustión o bien transformando sus elementos en otras sustancias que se puedan utilizar como combustibles con un rendimiento energético más grande.

Biomasa. Por biomasa se entiende el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de ésta. La biomasa tiene en común que se deriva directa o indirectamente del proceso de la fotosíntesis. Por este motivo, se la considera una fuente de energía renovable. Es decir, que la energía que puede obtenerse de la biomasa proviene de la luz del Sol. El concepto de biomasa energética incluye todos los materiales vegetales que no pueden utilizarse con fines alimentarios o industriales. Por tanto, todos los productos alimentarios y los combustibles fósiles (a pesar de ser también el resultado de una forma de almacenamiento de la energía solar) no se incluyen dentro del concepto de biomasa.

Básicamente es leña, subproductos de la agroindustria como el bagazo, y otros desperdicios que cuando se genera electricidad constituyen en sí mismos, materia prima para ese nuevo proceso. He aquí un concepto fundamental en los bio-combustibles.

Los biocombustibles líquidos. Se denominan también biocarburantes, son productos que se están usando como sustitutos de la gasolina y del gasóleo de vehículos y que son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola. Existen dos tipos de biocarburantes. Bioetanol (o bioalcohol), Alcohol producido por fermentación de productos azucarados (remolacha y la caña de azúcar). También puede obtenerse de los granos de cereales (la cebada y el maíz), previa hidrólisis o transformación en azúcares fermentables del almidón contenido en ellos.

El bioetanol se utiliza en vehículos como sustitutivo de la gasolina, bien como único combustible o en mezclas que, por razones de miscibilidad entre ambos productos, no deben sobrepasar el 5 -10% en volumen de etanol en climas fríos y templados, pudiendo llegar a un 20% en zonas más cálidas.

El empleo del etanol como único combustible debe realizarse en motores específicamente diseñados para el biocombustible. Sin embargo, el uso de mezclas no requiere cambios significativos en los vehículos, si bien, en estos casos el alcohol debe ser deshidratado a fin de eliminar los efectos indeseables sobre la mezcla producida por el agua.

El ester que se obtiene es por síntesis del bioetanol con el izo butileno, 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%.

La adición de ETBE o etanol sirve para aumentar el índice de octano de la gasolina, evitando la adición de sales de plomo. También se utilizan ambos productos como sustitutivos del MTBE (cetil ser-bus ester) de origen fósil, que en la actualidad se está empleando como aditivo de la gasolina sin plomo. Los biodiesel son metilesteres de los aceites vegetales obtenidos por reacción de los mismos con metanol, mediante reacción de transesterificación, que produce glicerina como producto secundario.

Los metilesteres de los aceites vegetales poseen muchas características físicas y físico-químicas muy parecidas al gasoleo con el que pueden mezclar en cualquier proporción y utilizarse en los vehículos diesel convencionales sin necesidad de introducir modificaciones en el diseño básico del motor.

Sin embargo, cuando se emplean mezclas de biodiesel en proporciones superiores al 5% es preciso reemplazar los conductos de goma del circuito del combustible por otros de materiales como el mitón, debido a que el biodiesel ataca a los primeros. A diferencia del etanol, las mezclas con biodiesel no modifican muy significativamente gran parte de las propiedades físicas y fisicoquímicas del gasóleo, tales como su poder calorífico o el índice de cetano.

Ventajas

- 1) Disminuir 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.
- 2) La producción de biocarburantes 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.
- 3) Supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, constituyendo así un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.

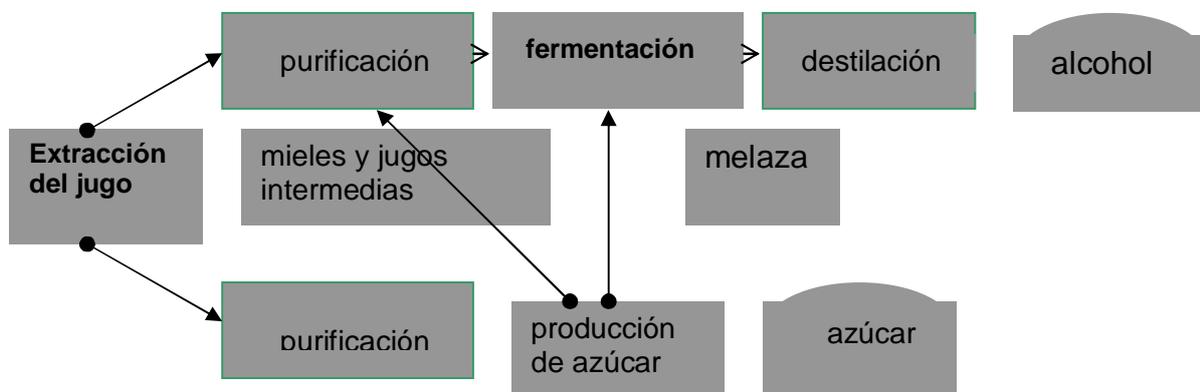
Bio-etanol. Las opciones de producción de etanol a partir de la caña de azúcar son las siguientes:

- 1) A través del uso de las melazas.
- 2) Utilizando mieles intermedias %A+ y %B+, con importantes aumentos del rendimiento y para bebidas de calidad.

- 3) Empleándose para este fin directamente el jugo o guarapo. Esto se realiza en destilerías autónomas; prescindiéndose entonces del área de producción de azúcar.

- 4) Aprovechamiento de jugos pobres (maceración y filtrados)

Figura 2. Diagrama de proceso del bio-etanol



Fuente: <http://journeytoforever.org/energiaweb/mike.htm>

Aplicaciones potenciales del etanol. Se reporta a escala industrial su uso (como alcohol anhidro) dentro de los siguientes procesos:

- Esteres
- Cadenas de compuestos orgánicos
- Compuestos orgánicos cíclicos
- Detergentes
- Pinturas
- Cosméticos
- Aerosoles
- Jabones
- Perfumería
- Medicina
- Mezcla de solventes
- Alimentos
- Otros

Ante la falta de oferta de alcohol anhidro en cantidad suficiente para satisfacer la demanda potencial, algunas industrias han optado por instalar pequeñas columnas deshidratadoras o importar el producto.

Otra importante opción se tiene en la formulación de combustibles ecológicos gasohol. En Brasil, líder en este terreno, el etanol es usado de dos formas:

- Mezclado en las gasolinas en la proporción del 3,6,9,15,22% como alcohol anhidro, a 99,6° GL y 0,4% de agua.

- Como etanol puro, en la forma de alcohol hidratado, a 95,5° GL. En algunos países, se reportan mezclas conteniendo 10% de etanol o menos.

El etanol representa una importante alternativa como combustible automotor; reporta un índice de octano superior al de la gasolina y tiene una presión de vapor inferior, resultando en menores emisiones evaporativas. El etanol anhidro tiene un poder calorífico inferior y superior de 21,2 y 23,4 mega joules/litro, contra 30,1 y 34,9 mega joules/litro de la gasolina.

Prácticamente en todos los renglones antes señalados, es perfectamente factible mejorar el balance de CO₂; reduciendo los consumos energéticos en los equipos agrícolas, aumentando la capacidad de arrastre de caña (diseño de unidades mayores), promulgando normas que limiten la quema de la caña y optimizando los arreglos técnicos mediante balances de materia y energía más eficientes. En síntesis, incorporando tecnologías avanzadas cuya rentabilidad está de antemano asegurada.

Por lo que hace a la alternativa de usar etanol mezclado con gasolinas, el balance se tornaría más impactante a favor del sector, además el impacto social favorable, dada la creación de innumerables empleos en zonas rurales, por lo general marginadas.

Biodiesel. Biodiesel es un ester (similar al vinagre) que puede ser obtenido de diferentes tipos de aceites o grasas animales o vegetales. Mediante un proceso denominado transesterificación, los aceites derivados orgánicamente se combinan con el alcohol (etanol o metanol) y son químicamente alterados para formar esteres grasos, como etil o metilester.

Estos esteres grasos, pueden mezclarse o no con diesel petrolífero. Al porcentaje de biodiesel puro que se encuentra en el combustible, se le denomina porcentaje de biomasicidad o, simplemente, bioesteraje.

Así, el biodiesel B30 tiene un 30 % de bioesteraje, es decir, un 30 % de esteres grasos y un 70 % de diesel petrolífero. Este es el tipo de diesel que han de consumir los coches que tengan los manguitos de caucho natural.

El Biodiesel B100 tiene un bioesteraje del 100%, es decir, sólo contiene esteres grasos (no contiene diesel petrolífero). Este tipo de diesel sólo lo pueden utilizar los coches que tengan los manguitos de caucho sintético. Lógicamente, cambiándole al coche los manguitos de caucho natural por caucho sintético o bien comprándolo de fábrica con los manguitos de dicho material, se podrá consumir este tipo de biodiesel puro.

El biodiesel es todo aquel combustible líquido obtenido a partir de productos agrícolas, tal puede ser el caso del girasol y la palma africana, productos con gran contenido en aceite, que son utilizados como sustitutos del gasóleo. Con las actuales tecnologías, para la producción de 1,005 kilos de biodiesel, son necesarios 1,10 kilos de metanol, 15 de catalizador y mil de aceite, además de 4,29 metros cúbicos de agua. Este procedimiento permite además la obtención de cien kilos de glicerina como subproducto. Estos datos indican que el balance energético de este procedimiento es positivo.

Esta es una fuente de energía renovable y limpia que además contribuye a la conservación del medio ambiente gracias al reciclado de productos de desecho como los que origina la industria oleícola. En cuanto al uso final de la energía, el 81% se destina a usos térmicos, sobre todo calefacción en el sector doméstico, calderas y secaderos de la industria agroalimentaria o del subsector de productos minerales no metálicos.

Biogás. Es el gas natural, principalmente metano, que se obtiene de la descomposición de la materia orgánica. Es un subproducto de los compost que se realizan con los residuos de la biomasa y/o residuos agroindustriales. Este es un tema que debe ser estudiado, pues representa un buen potencial para la generación de gas que luego puede mover generadores de electricidad. En la actualidad ya existe un proyecto de obtención de biogás a partir de viñazas en Nicaragua. También existe otro en Sao Paulo, Brasil, en donde se realizan estudios, a través de la Organización Panamericana de la Salud, OPS, con el objetivo de utilizar los basureros municipales en la generación de biogás, lo cual reduciría los altos índices de contaminación ambiental, y permitiría el manejo de la basura de manera positiva.

1.4 Exploración de nuevos combustibles

En el caso del combustible diesel, algunos países en Europa y en América se han dado a la tarea de investigar el campo de nuevos combustibles y, luego de varios intentos se han aproximado a un nuevo combustible que cumple con las características del diesel, en lo que se refiere a cetanaje, eficiencia en el motor, potencia requerida, etc. Pero que no produzca los contaminantes que produce el mismo diesel.

Europa, por ejemplo, lleva varios años desarrollando su producción y las primeras fábricas instaladas lo hicieron a comienzos de la década del 90 en el siglo pasado, hoy la situación puede resumirse en el siguiente cuadro:

Tabla III. Producción de biodiesel en países europeos

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
Total	1.210.000	1.005.000

Fuente: Elaborado basándose en datos de Connemann (1999)

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 más de 350 estaciones de servicio y su empleo es normal en los cruceros turísticos que navegan en sus lagos. En los Estados Unidos de Norte América, la recomendación, es que no se lo emplee en más del 20% (B20).

Otro ejemplo muy claro en la exploración de nuevos combustibles es Australia, que a raíz de un esquema arancelario especial para el etanol, el senado de ese país ha discutido el desarrollo de las políticas necesarias para la creación de un nuevo desarrollo en estos combustibles, por consiguiente y a juicio de uno de sus miembros el Senador Robert Hill (2001) la meta ha plantear por su Gobierno para el corriente año debería estar conformada por los siguientes puntos:

- Implementar para el biodiesel un status impositivo respecto al impuesto al consumo similar al vigente para el etanol.

- Conferir a la industria del biodiesel, las mismas condiciones que se le brindaron a la industria del etanol en su comienzo mediante el desarrollo de un esquema de concesiones para el biodiesel.

- Otorgar al biodiesel el estatus de los combustibles alternativos señalados en el esquema de otorgamiento para el diesel y los combustibles alternativos.

Con estas acciones se lograría reducir el efecto invernadero, desarrollar el empleo de australianos en una industria en crecimiento y limitar la dependencia de un producto proveniente de un área conflictiva.

Por otro lado, en el Continente Americano uno de los pasos mas grandes en la exploración de nuevos combustibles lo ha dado Estados Unidos de Norte América ya que tanto en la administración del presidente Clinton, como en la actual administración del presidente Bush se ha dado un amplio apoyo fiscal, en ayudas directas y específicas, así el 25 de julio de 2001 el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos anunció la aprobación de apoyo económico por US\$ 2,4 millones de dólares para 4 proyectos de etanol y 1 de biodiesel en base a soja, paralelamente entre las recomendaciones desarrolladas en el marco de la Política Energética Nacional, se señala, entre otras acciones, la necesidad de:

- incrementar el presupuesto de desarrollo e investigación para este destino en US\$ 39,2 millones;
- extender el crédito fiscal de 1,7 centavos de dólar por Kw./hora, hoy concedido a la generación eléctrica eólica y proveniente de la biomasa a la generada por recursos forestales y agrícolas en general
- continuar con la eximición de tasas al consumo existentes para el etanol. Este año, la Legislatura del Estado de Minnesota, determina la obligación de que en todas las estaciones de servicio del estado, se expenda una mezcla de diesel oil con biodiesel al 2% (B2), y USDA, anunció que todas sus agencias incorporaran a sus flotas el empleo de biodiesel y/o metanol, esta nueva política muestra a este departamento del estado norteamericano, como un importante sponsor del plan nacional energético.

Independientemente de este tipo de apoyo, en los Estados Unidos de Norte América el Agricultural Utilization Research Institute (AURI), también está activamente involucrado en la investigación y promoción del biodiesel, incluyendo la identificación de posibles soluciones para reducir su costo de producción y analizar y asegurar la calidad de los productos elaborados.

Otro país que no se queda atrás es Canadá, ya que prevé para el corriente año, tal como lo anunció su Ministro de Recursos renovables, Ralph Goodale, la expansión de la producción de etanol en 750 millones de litros, el nuevo plan para el desarrollo del etanol incluye continuar con el empleo de este combustible en las flotas de vehículos estatales y una línea especial de crédito contingente para los productores con el propósito de minimizar el riesgo de futuros cambios en el nivel impositivo vigente para este producto, al efecto el gobierno ha destinado \$100,0 millones para el eventual cancelación y/o reducción de la excepción impositiva al consumo.

Esto quiere decir que la exploración de nuevos combustibles lleva ya mas de una década y que cada vez son mas los países que intentan producir este tipo de combustibles y los que ya los producen intentan aumentar el consumo para así, algún día poder desplazar a los combustibles derivados de los recursos no renovables por nuevos combustibles que no sean perjudiciales para el medio ambiente.

1.5. Origen del biodiesel

El biodiesel se origina de un sinnúmero de productos orgánicos, ya que su elaboración puede partir tanto desde cáscara de aguacate hasta semilla de girasol, pero por las condiciones y las características de cada producto, es recomendado extraer el biodiesel de plantas oleaginosas tales como:

- Soja
- Girasol
- Maní
- Colza
- Palma
- Lino
- Cártamo
- Nabo

Además, también se pueden utilizar aceites usados, grasas animales tales como la manteca de cerdo, sebos y grasas amarillas, y otros vegetales que en su semilla pueden generar aceites tales como:

- Algodón
- Maíz

Realmente el biodiesel no tiene definición estricta, sino que simplemente se obtiene de aceites vegetales, grasas animales y sus esteres metílicos que se utilizan después de un proceso, como combustibles. Sin embargo, la tendencia es cada día mayor hacia los esteres alquílicos de aceites vegetales o grasas animales y no a aceites o grasas solas, utilizados como combustible en los motores diesel.

La única institución que tiene definido el biodiesel es la ASTM (American Society for Testing and Materials). Esta lo define como el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores diesel.

Por otra parte los químicos definen el biodiesel como una mezcla de los esteres metílicos de los ácidos grasos triglicéridos de los aceites vegetales y/o grasas animales empleados como materia prima.

Pero para fines mecánicos de este trabajo diremos que el biodiesel es un ester (similar al vinagre) que puede ser obtenido de diferentes tipos de aceites o grasas animales o vegetales, como soja, colza o palma. Mediante un proceso denominado transesterificación, los aceites derivados orgánicamente se combinan con el alcohol (etanol o metanol) y son químicamente alterados para formar estéres grasos, como etil o metilester.

Estos estéres grasos, pueden mezclarse o no con diesel petrolífero. Al porcentaje de biodiesel puro que se encuentra en el combustible, se le denomina porcentaje de biomasicidad o, simplemente, bioesteraje.

Así, el biodiesel B30 tiene 30 % de bioesteraje, es decir, un 30 % de estéres grasos y un 70 % de diesel petrolífero. Este es el tipo de diesel que han de consumir los coches que tengan los mangueras de caucho natural.

El biodiesel B100 tiene un bioesteraje del 100 %, es decir, sólo contiene estéres grasos (no contiene diesel petrolífero). Este tipo de diesel sólo lo pueden utilizar los coches que tengan mangueras de caucho sintético. Lógicamente, cambiándole al coche las mangueras de caucho natural por caucho sintético o bien comprándolo de fábrica con las mangueras de dicho material, se podrá consumir este tipo de biodiesel puro.

1.5.1. Plantas oleaginosas

Se clasifican como plantas oleaginosas a todas aquellas plantas que en su semilla contengan gran cantidad de grasas saturadas o aceites líquidos que pueden ser utilizados para procesar aceites para consumo alimenticio o derivados de éstos. Entre las plantas oleaginosas más importantes para nuestro estudio encontramos la Palma Africana.

El aceite de palma es extraído del mesocarpio de la fruta de la palma africana de la especie *Elaeis Guineensis*. En malasia y en los países con climas tropicales como Guatemala, se ha desarrollado el cultivo de palma africana a un ritmo increíble. El aceite de palma ocupa el segundo lugar en la lista de aceites vegetales en la producción mundial y el primero en las exportaciones.

Sus características físicas y propiedades químicas lo hacen ser un aceite con altos usos en la industria alimenticia, siendo el 90% de la producción de aceite de palma usada en la preparación o manufactura de productos alimenticios. El otro 10% remanente es usado en la manufactura de jabones y productos oleoquímicos.

Este aceite y todos sus derivados tienen una diversidad de aplicaciones en la industria. Tal es el caso de la fracción líquida del aceite de palma, oleína de palma, es usada en la industria de frituras, debido a que tiene una mayor estabilidad a la oxidación que otros aceites. Mientras que el aceite de palma, una grasa semi-sólida, es usado como el mayor de los componentes en la fabricación de mantecas, margarinas y vanaspati.

El uso de este aceite se ha incrementado en varios tipos de mantecas y aplicaciones particulares, como: Mantecas para cocinar frituras y en la manufactura de productos de panificación como pasteles, galletas, cremas, pan relleno, recubrimientos y panadería en general.

El incremento en el uso del aceite de palma en la elaboración de las mantecas se debe a que su contenido de grasa sólida es del 22% al 25% a 20°C. También se ha encontrado que por su alto contenido de ácido palmítico, esta grasa al ser mezclada con el azúcar da una buena aireación a las cremas para relleno e incrementa el volumen de los pasteles.

1.5.2. Siembra de plantas oleaginosas

Las plantaciones oleaginosas y en especial la Palma Africana han pasado a ocupar una gran extensión en el territorio guatemalteco. Estas plantaciones vinieron a sustituir las plantaciones de algodón, que dejaron de ser rentables por el alto costo de los plaguicidas utilizados para el control de insectos devoradores.

La Palma Africana mide en promedio 6 metros de altura y tiene un diámetro de tronco de 1.5 metros. Es muy parecida a la palma normal y se siembra en hileras, a 3 metros de distancia entre cada una y tres metros de distancia entre cada hilera. No requiere de ningún cuidado especial, salvo los primeros 2 años de riego y fertilización.

La planta da sus primeros frutos aproximadamente a los tres años de haber sido sembrada. El fruto es una gran semilla ovalada de medio metro de largo por 40 centímetros de radio con un peso promedio de 16 libras.

El tiempo de vida productivo de la palma es de 22 a 25 años y no requiere ningún cuidado especial, salvo si es atacada por algún insecto, se debe de aplicar un insecticida. Pero esto no trae grandes gastos para los agricultores. Realmente este es un cultivo que no requiere de grandes gastos y crea muy buenos beneficios ya que todas las partes de la palma se utilizan, por lo tanto no hay desperdicios.

Otro beneficio de este tipo de cultivos es que crea un ambiente forestal, evita la erosión del suelo y se convierte en un pulmón, ayudando a la elaboración de oxígeno para un país tan contaminado como Guatemala.

También se siembra otro tipo de plantaciones oleaginosas como lo son la soja, el maní y el nabo. Pero no en tan grandes cantidades ni tampoco son tan efectivas como la palma. Por ese motivo no serán tomadas en cuenta para la elaboración de este trabajo.

1.5.3. Extensión de producción de plantaciones oleaginosas en el país

El área sembrada actualmente con palma africana es aproximadamente 15,000 hectáreas, principalmente en la costa sur, en los municipios de la Gomera y Tiquisate del departamento de Escuintla. Esta actividad emplea permanentemente más o menos a 6,500 personas. El cultivo inicia su producción a los tres años y puede explotarse por veinticinco años más.

Produce dos tipos de aceite: de pulpa (llamado de palma) y de almendra (llamado de palmiste). El primero posee dos fracciones: líquida (oleína) usado en la elaboración de aceites comestibles y sólida (estearina) utilizado en la elaboración de mantecas; el aceite palmiste es usado en la elaboración de jabón. Actualmente existen siete plantas distribuidas en Tecún Umán, Tiquisate, Gomera, Retalhuleu, Cobán y Mazatenango.

La producción de aceite en el ámbito nacional es de 336,600 quintales. El costo total aproximado por hectárea para una producción de ochenta quintales es de Q6, 000. Este es el material oleaginoso de mayor producción en el país.

Mediante procesos mecánicos y térmicos se extrae del fruto de la palma el aceite crudo (de color rojo), el cual se incorpora a otros procesos para su fraccionamiento y así obtener otros productos.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

1.5.3.1. Rendimiento de aceites por plantación

Cuando hablamos de rendimiento nos referimos a la cantidad de aceite extraído por extensión de tierra cultivada. Esto puede variar de acuerdo a las condiciones en las cuales este la plantación (fertilización, clima, plagas, entre otras), pero para fines de este trabajo se incluirán los rendimientos promedios de los siguientes cultivos:

Tabla IV. Rendimiento de aceite por hectárea en litros

NOMBRE	LITROS
SOJA (Glicine max)	420
TUNG (Aleurites fordii)	880
GIRASOL Helianthus annuus)	890
MANI (Arachis hipogaea)	990
COLZA (Brassica napus)	1,100
RICINO (Ricinus communis)	1,320
JATROPHA (Jatropha Curcas)	1,590
COCO (Cocos nucifera)	2,510
PALMA AFRICANA (<i>Elaeis Guineensis</i>)	4,200

Fuente: Ministerio de agricultura y ganadería (MAGA)

En la tabla anterior nos podemos dar cuenta de que es la palma africana la que produce un mayor porcentaje de aceite por hectárea. Esto la hace un cultivo especial para la fabricación de biodiesel. Otros cultivos pueden ser también utilizados, pero los costos de obtención de materia prima serían muy elevados, haciendo la elaboración del biodiesel poco factible.

1.6. Estructura química del biodiesel

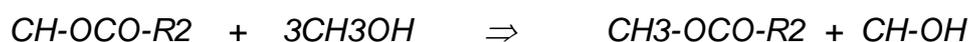
1.6.1. Fórmula molecular

La fórmula molecular es la ecuación química en la cual se explica cuáles son los reactivos, que pasa al mezclarlos y cuáles serán los productos obtenidos de esta reacción.

La reacción que se da para obtener el biodiesel es la siguiente:



Químicamente se define como:

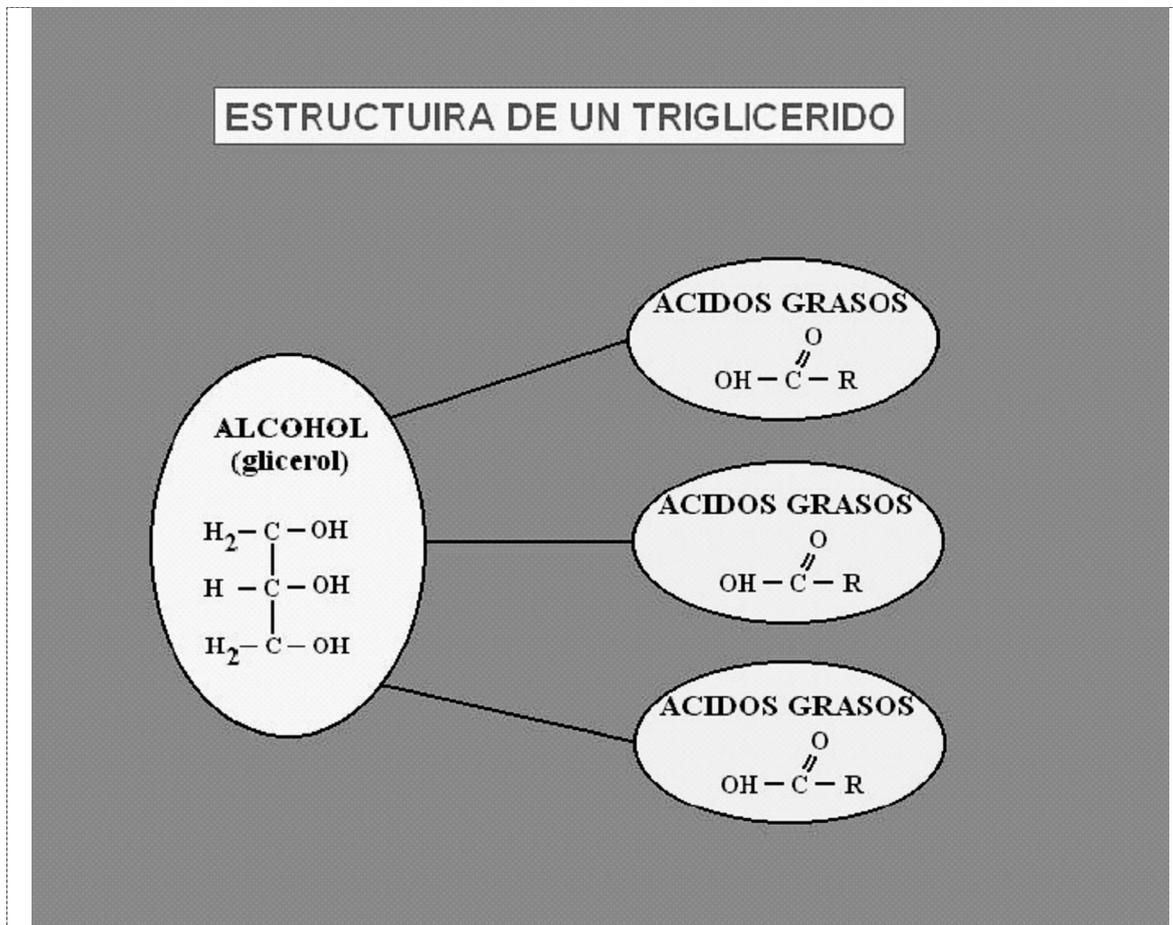


Esta es la reacción que se obtiene de la producción de biodiesel por medio de la Palma Africana, pero existen otros tipos de reacciones para los diferentes tipos de biodiesel obtenidos de otras materias primas. Se puede decir entonces que esta es la ecuación general, pero pueden existir otros reactivos que produzcan otros productos.

1.6.2. Estructura molecular

Antes de describir la estructura molecular debemos de entender como esta estructurado a nivel atómico los triglicéridos, para así poder tener una leve idea de cómo se forma el biodiesel:

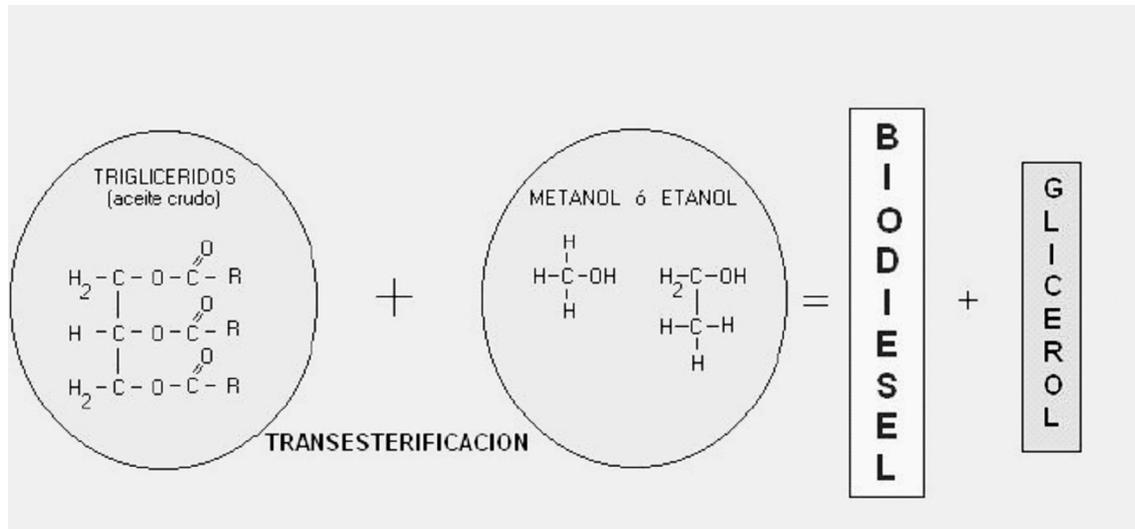
Figura 3. Estructura molecular de los triglicéridos



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

Ya que se sabe como esta estructurado un triglicérido, tenemos la capacidad de entender como al mezclarse con el metanol o etanol en un proceso llamado transesterificación se producen, biodiesel y glicerol:

Figura 4. Proceso de transesterificación



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

1.7. Estructura física del biodiesel

Cuando nos referimos a estructura física del biodiesel, tomamos en cuenta todas las características palpables que se pueden determinar por simple observación o por pruebas mas específicas. En este trabajo le daremos mayor importancia a las que consideramos son útiles en el seleccionamiento del biodiesel.

1.7.1. Índice de viscosidad

Se define viscosidad a la resistencia que opone un fluido a desplazarse de un punto a otro, o a la capacidad de fluir de un punto a otro con respecto al tiempo. Este factor es inversamente proporcional a la temperatura y es de mucha importancia en la combustión. Por lo general un líquido muy viscoso provoca mucho mas cenizas que otro menos viscoso, causando así un mal funcionamiento en el motor.

La viscosidad permisible en cada país es diferente, aquí tomaremos en cuenta los países que más han desarrollado este tipo de combustible, pero en promedio la viscosidad a 40°C es de 3 a 5 mm² / seg.

1.7.2. Punto de inflamación

El punto de inflamación determina la temperatura en la cual el material o en este caso el fluido reaccionara con él oxígeno y se producirá una llama, a causa de la combustión de este. Debido a que el biodiesel será usado como combustible, este debe de ser muy parecido al de los combustibles fósiles.

En este caso se mide en grados centígrados (°C) y se determina mediante pruebas de campo con aparatos de medición muy exactos. Los diferentes países consideran que el punto de inflamación debe de estar entre los 100°C y los 110°C, para que funcione sin necesidad de agregarle mas temperatura de la proporcionada por un motor de combustión interna.

1.7.3. Color

El color depende exclusivamente del tipo de materia prima que se utilice para producir el biodiesel, pero cuando este es producido en base a aceite de palma africana, el color es marrón y se conoce en el campo de las pinturas como color marrón numero 2+. Pero en la fabricación se le puede teñir para evitar contaminaciones o para ser distinguido como un producto toxico y peligroso. Esto se puede hacer de cualquier color.

Hasta la fecha no existe ninguna especificación en cuanto a color se refiere y por lo general, los fabricantes lo dejan de color natural.

1.7.4. Peso

A pesar de su variabilidad en cada tipo de biodiesel, como consecuencia de la materia prima, esta característica es utilizada de forma complementaria para la identificación de las especies de biodiesel. En los casos en los que la densidad es muy extrema ($<0,001$ ó $> 0,20$ g/cm³) esta propiedad física es fundamental.

La propiedad física peso específico, es decir, la relación peso a volumen, tiene en la unas características especiales que conviene señalar para la interpretación práctica de la misma.

Debe recordarse que el peso específico que se utiliza en el sistema de unidades cegesimal, al elegirse el peso de un centímetro cúbico de agua como unidad de peso, es en realidad un peso específico relativo y, por consiguiente, viene representado por el mismo número que su densidad. Esto explica que corrientemente se conozca entre los industriales con el nombre de densidad, que tiene para ellos un mayor significado, aunque físicamente, el concepto de peso específico, relación de peso a volumen, es completamente diferente al de densidad, relación de masa a volumen. Por definición:

$$\rho = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}}$$

El peso medio del biodiesel se encuentra generalmente entre 1.2 y 1.85 g/cm³, siendo este un poco mas pesado que el agua. Mientras menos peso tenga el biodiesel, mejor será la combustión en un motor de combustión interna, debido a que serán menos las partículas sólidas que quedaran en el motor después de la combustión.

1.7.5. Volumen

El volumen específico del biodiesel depende también de la materia prima, pero para fines de este trabajo solo nos interesa saber que el volumen específico de cualquier compuesto es la inversa de la densidad, es decir, el volumen por unidad de masa o cantidad unitaria de material. Las unidades de volumen específico pueden ser pie³/lb_m, pie³/mol, etc.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

2. METODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

En el tiempo que se lleva fabricando biodiesel, muchos han sido los métodos intentados y muchas las materias primas utilizadas, pero realmente han sido muy pocos los que han logrado tener éxito. Estos métodos pueden ser modificados a conveniencia del fabricante y de la materia prima que este haya escogido.

Nadie creería que puede hacer combustible en su propio hogar con tanta facilidad y mucho menos si le dijeran que lo puede hacer con materias primas de consumo diario; sin embargo, si es accesible la fabricación de este combustible por un método llamado ~~el~~ método casero+, que ha pesar de no ser tan seguro, puede resultar muy efectivo.

2.1. Plantas oleaginosas aptas para la producción en Guatemala

En Guatemala existe gran cantidad de materias primas para la producción de biodiesel, lo cual es debido al notable desarrollo del país en el área de la agricultura, desafortunadamente son muy pocas las plantaciones que tienen extensiones significativas para la producción en grandes cantidades de biodiesel.

Entre estas podemos mencionar en orden creciente a; la soja, el maní, el girasol, el coco y la palma africana. De estas plantas, la palma africana es la única que abarca una gran extensión de cultivo en el territorio nacional, las otras variedades se limitan a cultivos relativamente pequeños en el sector privado, quienes por lo general cultivan para la exportación del producto y no para consumo nacional.

2.2. Métodos para la producción de biodiesel

Existen infinidad de métodos, pero para fines de este trabajo solo mencionaremos a los más importantes (los que han tenido mejores resultados), y los dividiremos en dos grandes grupos. El método casero y el método industrial.

2.2.1. Método casero

Para la elaboración de biodiesel en casa se utiliza en mayor parte equipo improvisado. Lo único difícil de conseguir son algunos productos químicos, ya que el resto son cosas como cubetas, jeringas y envases de vidrio.

Este método no es muy seguro debido al alto riesgo que conlleva la manipulación de químicos inflamables en un lugar no adecuado y con las condiciones no deseadas. Sin embargo, se puede hacer tomando todas las precauciones pertinentes para evitar accidentes.

Aparte de lo inseguro no es muy rentable, debido a la baja calidad y la baja capacidad de producción, pero es recomendado para iniciar pruebas y conocer el funcionamiento del biodiesel en los motores de combustión interna antes de empezar a producirlo de una manera industrial.

2.2.1.1. Proceso del método casero

Se utilizan unos 60 litros de aceite vegetal, nuevo o usado, si es usado debe de cumplir las normas más estrictas de higiene y tiene que ser estandarizado, el estándar mundial para aceite usado, es el mismo en todas partes, por ser una norma internacional.

Si se utiliza aceite usado primero se debe de calentar un poco en la estufa (a unos 50 °C) y se filtra a través de un fino colador con red de asbesto y, posteriormente, de nuevo a través de filtros de papel para café.

Es necesario usar metanol puro. Este tiene que ser 99% puro y tener una resistencia muy alta. Se utilizan 2 litros de metanol para 10 litros de aceite y 3,5 gramos de sosa (hidróxido sodico) 100% pura y granular como catalizador por litro de aceite.

En Guatemala se puede conseguir sosa en la mayoría de las droguerías o farmacias. Se debe de agitar el envase para comprobar que no ha absorbido humedad o se haya coagulado el contenido en una masa. Hay que asegurarse que se mantiene hermético el envase para evitar cualquier tipo de contaminantes.

Se deben de medir rápidamente los 35 gramos de sosa requeridos ya que debido a que la humedad estival en Guatemala habitualmente del 60% a 30°C la sosa se humidifica rápidamente, haciéndose menos efectiva.

Se mezcla la sosa con los 2 litros de metanol en una botella de vidrio fuerte, resistente al calor con un cuello estrecho para prevenir salpicaduras. Se utiliza un taladro eléctrico y un mezclador improvisado, que se ajuste dentro del cuello de la botella. Se calienta durante unos 10 minutos para mezclar.

Ahora obtenemos una mezcla de metóxido sódico, una base extremadamente poderosa que se divierte devorando material como la carne humana. Por eso se debe de tener especial cuidado con las salpicaduras a la piel. Se debe de usar la ropa adecuada para evitar contacto directo con la piel.

Hay que calentar los 10 litros de aceite en un cubo en la estufa a unos 40 °C para hacerlo mas fino de forma que se mezclara mejor (la temperatura no es critica, pero no se puede dejar demasiado). Es preferible hacer una guía de madera con un torno portátil sujeto a el, sosteniendo un segundo taladro eléctrico con un mezclador de pinturas para agitar el contenido del cubo.

Agitándolo bien, se añade con cuidado el metóxido de sodio al aceite. La reacción comienza inmediatamente, la mezcla rápidamente se separa en un líquido claro y dorado en la parte superior con un sedimento de glicerina de color marrón en el fondo. Es necesario agitar durante una hora, manteniendo la temperatura constante. Tras lo cual, se deja sedimentar durante la noche.

Al día siguiente aspiramos con sifón 10 litros de biodiesel, dejando 2 litros de jabón de glicerina en el fondo del cubo. Este jabón se puede utilizar para fabricar otro tipo de productos.

Si el biodiesel es para un uso comercial, debe lavarse para eliminar cualquier resto de glicerina, jabón u otras impurezas. Algunas personas insisten en usarlo así, otras tienen buenos argumentos acerca de que las pequeñas cantidades de impurezas causan daños al motor.

Para lavarlo, hay que añadir agua y agitarlo, se debe dejar que el agua se deposite en el fondo (lo que necesita tiempo), luego se tiene que desaguar y medir el pH. Este proceso se debe de repetir hasta que el pH mida entre 6-7. Puede que haya que lavarlo 8 veces o más. Si se deja el biodiesel con aspecto un poco lechoso, significa que aun hay agua en él. Entonces se debe de calentar lentamente para lograr que el agua se evapore.

2.2.1.2. Materias primas

Las materias primas a utilizar durante el proceso de producción de biodiesel mediante el método casero son las siguientes:

- Aceite usado o nuevo
- Metanol al 99% con una resistencia mayor de 198
- Hidróxido sódico (sosa)
- Agua
- Calor

El material complementario es:

- Cubeta para hacer mezclas
- Envase medidor de líquidos
- Envase de vidrio resistente
- Pesa para medir gramos
- Generador de calor (estufa)
- Recipientes para calentar los líquidos (hoyas)
- Colador de asbesto
- Filtros para café
- Mezclador
- Taladro eléctrico
- Guía de madera
- Mezclador de pintura
- Torno portátil
- Sifón de aspiración
- Medidor de pH

2.2.1.3. Tiempo requerido para obtener el producto terminado

El tiempo estimado para elevar el aceite a las temperaturas adecuadas y luego hacer las mezclas con el metanol y la sosa es de aproximadamente 1.5 horas. Tomando en cuenta que se tiene que agitar durante todo el proceso.

Luego se debe dejar reposando durante al menos 12 horas, luego hay que lavarlo hasta que llegue al pH requerido. Esto puede llegar a tardarse unas 3 horas y por ultimo se tiene que calentar para evaporar el agua que quedo en el biodiesel (otra media hora.) Por lo tanto el tiempo aproximado requerido para el proceso es de 17 horas.

2.2.2. Método industrial

El proceso de elaboración de biodiesel por el método industrial esta basado en la transesterificación de los glicéridos, utilizando catalizadores. Desde el punto de vista químico, los aceites vegetales son triglicéridos, es decir tres cadenas moleculares largas de ácidos grasos unidas a un alcohol trivalente, el glicerol. Si el glicerol es reemplazado por metanol, se obtienen tres moléculas mas cortas del ácido graso metiléster. El glicerol desplazado se recupera como un subproducto de la reacción.

Por lo tanto en la reacción de transesterificación, una molécula de un triglicérido reacciona con tres moléculas de metanol o etanol para dar tres moléculas de monoésteres y una de glicerina.

El proceso de transesterificación puede adaptarse para usar una gran variedad de aceites, pudiendo ser procesados además, aceites brutos muy ácidos. El particular interés en los aceites muy ácidos, reside en que generalmente, están fuera de las normas de comercialización y son frecuentemente rechazados por los compradores.

Este es un método de producción que puede llegar a ser muy rentable, dependiendo de la capacidad de producción y la aceptación que este producto tenga en el mercado guatemalteco. La planta de producción que lleve a cabo la fabricación de este producto, debe de contar con las más estrictas normas de seguridad e higiene industrial tal como se cumplen en las plantas procesadoras de los combustibles derivados del petróleo.

2.2.2.2. Materias primas utilizadas para la producción

Las materias primas a utilizar durante el proceso de producción de biodiesel mediante el método industrial son las siguientes:

- Aceite vegetal crudo
- Metil
- Glicerol

- Etanol o metanol
- Diferentes químicos en bajas cantidades

2.2.2.3. Maquinaria necesaria para la producción

La descripción de la maquinaria para la planta es la siguiente:

a) Molino de aceite

De aquí los productos obtenidos son:

- Aceite vegetal crudo.
- Harina de alto contenido proteico (soja).

El aceite crudo es posteriormente procesado, transformado en biodiesel y glicerol, y la harina se vende como alimento para animales, eventualmente después de un proceso de estabilización de enzimas y acondicionamiento.

b) Unidad de refinamiento y transesterificación

Esta unidad produce el filtrado y remoción, catalítica o por destilación, de ácidos grasos libres. El producto es aceite vegetal refinado y sin ácidos, que constituye el material de alimentación para la:

Unidad de transesterificación. En esta etapa del proceso el aceite es transformado catalíticamente, mediante agregado de metanol o etanol con el catalizador previamente mezclado, en metil o etiléster y glicerol.

c) Unidad de purificación y concentración de glicerol

Consiste en una etapa de filtrado y purificación química, un equipo de concentración del glicerol, y el posterior almacenamiento del glicerol puro.

Transesterificación. El aceite con ácidos y gomas eliminados (parte refinada) se transforma en metil o etiléster por medio de un proceso catalítico de etapas múltiples, utilizando metanol o etanol (**10% de la cantidad de aceite a ser procesado**). El metiléster crudo se refina posteriormente en un lavador en cascada.

Si el producto se utiliza como combustible para motores, no necesita el proceso de destilación pero puede ser fácilmente integrado en el esquema de proceso si se desea un metiléster de calidad química.

Refinamiento del glicerol. El proceso de transesterificación produce como subproducto derivado aproximadamente 10% de glicerol. Este glicerol en bruto contiene impurezas del aceite en bruto, fracciones del catalizador, mono y diglicéridos y restos de metanol.

Con el propósito de venderlo en el mercado internacional este producto debe ser refinado para llevarlo a la calidad del glicerol técnico o, con una posterior destilación, a la del glicerol medicinal (99,8% de pureza).

Toda la maquinaria utilizada en la operación, debe de ser inspeccionada y se le tiene que dar el mantenimiento preventivo y correctivo adecuado para que funcione proporcionando la mayor eficiencia. Asimismo, Se tiene que tomar en cuenta que la unidad de transesterificación incluye depósitos operativos de pre-almacenamiento para la materia prima, productos intermedios y finales. El metanol/etanol, glicerol, producto derivado, y el metiléster terminados, son almacenados en las afueras de la planta en tanques.

La estructura principal de la planta debe integrarse de un edificio múltiple, que alberga el material operativo y las instalaciones de distribución de energía, ventilación central, laboratorio de producción, sala de monitoreo, instalaciones para el personal administrativo, técnico, y otros soportes necesarios para la normal operación.

Para cada tamaño de planta de producción, se deben satisfacer precondiciones específicas de infraestructura, dependientes de la localización real.

Por lo tanto, y adicionalmente al esquema de planta delineado, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Conexión de energía eléctrica adecuada.
- Agua potable y conexiones cloacales.
- Suministro de vapor de proceso (calderas).
- Provisión de agua de enfriamiento (torres de enfriamiento).
- Conexiones telefónicas.
- Administración, flota de vehículos, posible capacidad de almacenamiento adicional requerida para repuestos, así como también para materiales auxiliares.
- Instalación para seguridad del trabajo e industria.
- Conexión con caminos y/o ferrocarriles.

Además, las capacidades estimadas de almacenamiento para:

- Aceite de palma.
- Metanol.
- Metiléster.
- Glicerol y otros productos

Estas capacidades de almacenamiento, deben ser computadas de acuerdo a los propósitos del futuro operador, y dependiendo de los ciclos de entrega y comercialización.

Para grandes unidades y en el caso donde se procesen semillas oleaginosas que tengan un alto contenido de ácidos grasos libres, se utilizan procesos convencionales de eliminación por destilación de gomas y ácidos. Los ácidos grasos separados pueden ser vendidos en el mercado internacional.

Con plantas más pequeñas se utiliza una unidad integrada donde la eliminación de gomas y ácidos tiene lugar por medio de un intercambio catalítico y un proceso de extracción por solventes.

En el caso de la planta de transesterificación, esta comprende de aparatos y componentes convencionales utilizados en la ingeniería química. En esta parte de la planta no se necesita ningún tipo de maquinaria especial, solamente personal calificado que sepa agregar cantidades correctas de químicos para que esta etapa se pueda llevar a cabo.

Después que se han calentado los dos componentes de la reacción, estos son suministrados a una columna de lecho fijo en la que tiene lugar la pre-esterificación a temperatura elevada. Siguiendo a la separación de la mezcla metanol/agua del aceite pre-esterificado en el separador, este es transesterificado con un catalizador homogéneo y un componente adicional de metanol en un proceso multietapa mediante un mezclador - sedimentador en cascada. Después de la transesterificación, el exceso de metanol es separado por evaporación y el calor de condensación del metanol es utilizado para calentar los conductos.

La mezcla de metiléster-glicerol se separa del glicerol crudo en un separador, antes de la posterior limpieza del metiléster adicional.

El metanol en exceso de la etapa de pre-esterificación se deshidrata en vacío y el metanol separado luego de la etapa de transesterificación, puede ser reprocesado para su reutilización en la reacción. El vacío operativo requerido para las etapas de proceso se genera en una estación de vacío anexo a la planta.

2.2.2.4. Tiempo requerido para obtener el producto terminado

Si se piensa en producción de biodiesel en Guatemala, se tendría que considerar una planta relativamente pequeña, la cual podría producir alrededor de 750,000 galones de producto por año (13,636 barriles), es decir unos 2,050 galones por día. Esto contribuiría con el consumo nacional de combustibles y captaría un 27.27% del mercado nacional de gasoil. Provocando una competencia de precios que al final benefician al consumidor final.

Tomando en cuenta el tamaño de la planta el tiempo estimado para obtener el producto terminado desde que se inicia el proceso es de 2.5 horas. Esto es realmente poco comparado con el método casero y esto se debe a que no es necesario esperar tanto tiempo para generar una separación de biodiesel y glicerol, sino que por medio de maquinas especiales se puede acelerar este proceso.

Aproximadamente estos son los tiempos:

- Molino de aceite (15 minutos)
- Unidad de refinamiento y transesterificacion (45 minutos)

- Unidad de purificación y refinamiento de glicerol (70 minutos)
- Envase y almacenaje (20 minutos)

Estos tiempos dependen directamente de la eficiencia y la productividad de la planta, pero estos datos son sacados de una planta promedio que podría construirse en Guatemala.

2.2.2.5. Métodos de almacenaje

La sección de transesterificación se debe de colocar en un sector parcialmente abierto de galera, que es la medida más adecuada para minimizar riesgos operacionales.

Las estructuras de acero deben de tener una inclinación específica para que permita un flujo de producción por gravedad. Esta disposición en planta provee beneficios en lo relativo a ensamblado de máquinas, suspensión de elementos de ciertos aparatos, mejor adaptación diferentes condiciones de carga y flexibilidad en el caso de alteraciones en la instalación.

Además crea las precondiciones para el mejoramiento de la ventilación general evitando la formación de bolsones de aire mediante pisos de acero abiertos, especialmente en la sección de transesterificación. Adicionalmente las plataformas de acero permiten ampliar visualmente el panorama de las instalaciones. En las plataformas existen caminos de paso.

La disposición de los pisos se realiza de acuerdo a los materiales tratados en cada emplazamiento específico, teniendo en cuenta además la facilidad de limpieza. Los requerimientos son más rigurosos en la sección de transesterificación, porque aquí se realizan procesos químicos húmedos con distintas sustancias. Por esto se utilizan en esta área pisos con baldosas.

Se deben establecer zonas a prueba de incendios en determinadas partes de la planta de transesterificación debido a la presencia de metanol; al respecto se deben respetar las reglamentaciones pertinentes. El grado de riesgo se reduce eficientemente asegurando una relación de intercambio de aire de aproximadamente 8 en la sección de la planta correspondiente. Se proveen aparatos locales de limpieza de partículas por aspiración. El sistema de ventilación central se instala en el anexo de mantenimiento.

Como forma de almacenaje y protección contra pérdidas para evitar riesgos de contaminación del suministro de agua, en algunos casos los componentes de la planta deben ser instalados en adecuados depósitos colectores herméticos.

La planta debe estar provista de un depósito de homogenización y recolección, de forma tal que puedan ser desarrollados análisis de toxicidad antes de realizar la descarga a las cloacas públicas o propias de la planta.

En las afueras de la planta deben de colocarse los tanques para depósito de líquidos inflamables y biodiesel. En el área subterránea para los tanques de almacenamiento de metanol y etanol, debido al riesgo de incendio, y a nivel del terreno los tanques para el metil o etiléster.

La estación de bombeo para el llenado y las bombas de alimentación de la planta se anexan a las afueras de la planta pegado a los tanques.

Debido a su categorización como líquido inflamable clase B, el metanol requerido para la reacción se almacena en un tanque subterráneo. Desde aquí es bombeado a través de una tubería al reservorio de proceso en la planta. El aceite crudo es almacenado en tanques de procesamiento.

El metiléster limpio (biodiesel) se recolecta como producto terminado en contenedores de fraccionamiento. Después de los análisis y aprobación, una bomba entrega el producto a un tanque de producto terminado fuera de la planta.

2.2.2.6. Vida útil del biodiesel

Tomando en cuenta que el biodiesel es un producto derivado de materia orgánica (que actúa con el oxígeno produciendo óxidos), que es un combustible que no puede llevar ningún tipo de preservante debido al funcionamiento en el motor, se puede hacer un estimado de 60 días antes de que pierda su capacidad de funcionar como un combustible. Esto, claro está, si es almacenado bajo las normas de calidad exigidas por la ASTM y no es alterado o expuesto a cambios drásticos de temperatura que podrían acelerar el proceso de descomposición o evaporización.

2.3. Capacidad de producción en el país

Tomando en cuenta el territorio cultivado con plantaciones oleaginosas que es de 22,000 hectáreas (15,000 de palma y 7,000 de otras), sin considerar el hecho de importar materia prima, sino solo utilizando producto nacional, haciendo inversión en una planta productora con la mas alta tecnología, un equipo de trabajo altamente calificado y una productividad de aproximadamente un 50%, Guatemala tendría la capacidad de producir unos 555,000 galones al año. Esto seria un gran aporte al consumo de los combustibles que actualmente en Guatemala es de un poco más de 5 millones de barriles anuales.

2.4. Plantas productoras ya existentes

Existe una variedad de proyectos productivos de biodiesel, en diferentes niveles de implementación, a continuación se darán a conocer los proyectos en curso de montaje o ya en marcha en la republica de Argentina.

- BIOFE -ESPERANZA STA FE 15.000/20.000 LTS DIA EN SISTEMA CONTINUO.EN FUNCIONAMIENTO (desarrollo) La empresa FIMACO, con el desarrollo tecnológico de BIOFE, en Esperanza, Pcia de Santa Fe elabora 20.000 litros diarios en proceso continuo partir del aceite elaborado por aceiteras dedicadas básicamente a la producción de alimentos balanceados para pollos.
- RICEDAL ALIMENTOS CHABAS STA FE 60.000LTS EN 24 HS BATCH. (anteproyecto).

- GRUTASOL PILAR BS AS
- CAIMANCITO JUJUY 30.000 LTS /DIA EN AMPLIACION A 90.000 LTS/DIA.
- RECOMB ARROYO SECO SANTA FE 50.000 LTS 8HS SEMICONTINUA.
- BIOCUM ALVEAR SANTA FE 30.000 LTS 8 HS ACEITE GRASAS ANIMALES, FABRICA DE ACEITES.
- RIO IV (INTEGRACION) 10.000 LTS EN 8HS DIA CON FABRICA DE ACEITE
- El proyecto de CODESU en Plaza Huinul, Pcia del Neuquen, en etapa de estudio a efectos de desarrollar una planta productora de biodiesel a partir de la producción primaria de colza, la elaboración de aceite y su transformación en biocombustible, se prevé desarrollar el cultivo sobre 15.000,0 hectáreas y crear 1.200 puestos de trabajo en toda la cadena productiva.

Otros países que ya cuentan con plantas de producción de biodiesel son España, Estados Unidos de Norte América, y Australia entre otros. El caso más cercano a Guatemala fue Nicaragua, pero en este país no dio resultado, debido a que la cultura del nicaragüense no aceptó el cambio y no consumieron el producto.

Se puede dar cuenta entonces que en Guatemala puede funcionar una planta productora de biodiesel, pues el país cuenta con todas las ventajas para poder hacer una planta altamente productiva y beneficiosa, desde el punto de vista social y económico, al ser generador de polos de desarrollo y fuentes de trabajo en el sector agroindustrial nacional.



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

3. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

En este capítulo se tomarán en cuenta todos los costos necesarios para producir biodiesel. Por motivos de estabilidad económica e inflación a nivel nacional, todos los costos se darán en dólares y para su comparación a moneda nacional, se podrá hacer el cambio de acuerdo al cambio del día dado por el Banco de Guatemala.

3.1. Costos de 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, sino que también ha determinado cambios estructurales tanto en lo que hace a la superficie media de la explotación, que se ha incrementado en un 30% según el MAGA desde 1999, sino que también ha dado origen a un incremento de la superficie explotada por arrendamiento, hecho que también se ha dado en la agricultura de los EE UU de NA, en la cual, según Marshall (2001) dos tercios de la superficie total explotada por el agricultor americano no es de su propiedad.

Estas modificaciones, como así también la evidencia empírica de la falta de escala del productor medio, llevan a la necesidad de efectuar los análisis económicos, no sobre la base del promedio de las explotaciones, sino sobre una explotación mixta, de gran magnitud, ya que se entiende que a estos esquemas productivos se deberá llegar si se desea mantener la competitividad de la agricultura.

En este sentido debe quedar claro que no se pretende expulsar al pequeño productor de su parcelamiento, pero para que mantenga un esquema competitivo y logre un nivel de ingresos adecuados con los requerimientos de la vida moderna, deberá adoptar algún esquema de alianza estratégica, que vía . por ejemplo- de un pool de siembra de productores, como las cooperativas que funcionan por medio de una alianza entre agricultores, a través de la integración de sociedades de explotación tanto horizontales como verticales, que le permitan acceder a las nuevas tecnologías y mercados.

Basado en el criterio anterior, el costo de producción primario, se ha analizado sobre una explotación mixta, desarrollada sobre más de 15.000 hectáreas ubicadas en la costa sur de Guatemala.

La pluralidad productiva que posee Guatemala, se entiende que permite una mejor distribución de los gastos generales o de estructura y las diferentes modalidades productivas facilitan la determinación de las contribuciones impositivas, en este capítulo cabe destacar que para el cálculo del IVA, el mismo no se desagrega en las retenciones y liquidaciones, sino que se lo estimó como una unidad que debe abonarse o pagarse en el momento de cada transacción. Además, y en función de las amortizaciones anuales se estimó el nivel de adquisiciones de reposición a efectos de sobre los mismos evaluar su contribución al IVA.

Respecto al impuesto ISR, se le calculó como erogado, pese a que se le puede compensar en la liquidación de ganancias, pero como esta acción es posterior al ejercicio productivo y si no hay ganancias no puede compensarse y aunque las hubiera no se reintegra el valor abonado se lo ha considerado como un pago en firme.

Asimismo, el sector esta aportando, pese a las mejoras tecnológicas introducidas, entre 0,75 y 1,0 dólares por hectárea en concepto de impuestos a los combustibles.

Ello implica entonces, que bajo el supuesto que el estado nacional exima al sector de abonar los impuestos a combustible, cuando sean remplazados los combustibles fósiles por biocombustibles, esta reducción de la contribución impositiva si se emplea B100 solo será del orden del 10% del total de impuestos que tributa una hectárea en producción, por consiguiente si se analiza el conjunto de la imposición, es decir la oblada por el sector agropecuario y su efecto cascada, en el requerimiento de insumos y en el impacto local, puede afirmarse que esta eximición no será negativa para las arcas fiscales, sino que en el mediano plazo será positiva.

En la siguiente tabla se dan aproximados de los costos en los que incurre una empresa Guatemalteca. Estos costos son un promedio de los años anteriores:

Tabla V. Costos de producción en Guatemala

Actividad	Palma Africana
Producción (tn/ha)	2.60
Rendimiento de aceite (%)	0.47
Ingresos Brutos (\$/ha)	414.64
Gastos de acond. y venta (\$/ha)	64.17
Ingreso Neto (\$/ha)	350.47
Gastos de implantación (\$/ha)	101.94
Cosecha (\$/ha)	40.00
Margen Bruto (\$/ha)	208.53
Gastos de estructura (\$/ha)	59.40
Margen Neto (\$/ha)	149.13
Carga Impositiva	
Inmobiliario y vial	10.60
Capitales	0.49
IVA Ventas	87.07
IVA Compras	49.23
Saldo de IVA	37.84
Margen líquido recuperado el IVA	88.81
Impuestos al combustible	
Impuesto de hidrocarburos	4.12
IVA combustibles	1.80
Total aportado por combustibles	5.92

Continuación	
Costo por hectárea, post impuestos	325.83
Costo de la materia prima / ha	21.30

Fuente: Datos correspondientes a la cosecha 2000/2001 y 2001/2002 MAGA

3.2. Costos de producción de materia prima

Como es mostrado en el cuadro del inciso anterior el costo de obtener la materia prima, que en este caso es el aceite de palma africana, es de alrededor de los US\$ 21.30 por hectárea. Este es el valor total, después de sumar todos los gastos en que incurre una finca de planta africana para poder producir el aceite.

3.2.1. Costo de producción por hectárea de plantaciones oleaginosas

En el costo de producción de una plantación oleaginosa se toman en cuenta la mano de obra, los agroquímicos utilizados, la maquinaria (tractores) y el riego (motores y aspersores). Además de los gastos administrativos, estos se dividen entre la cantidad de hectáreas cultivadas para poder tener un costo estimado por hectárea. Este costo para una finca de palma africana es de aproximadamente 275 dólares.

La inversión inicial (siembra) es distribuida en los primeros 10 años de siembra que es el tiempo estipulado para recuperar la inversión inicial, esto quiere decir que después de los primeros diez años de cosecha el costo de producción disminuirá.

Este cálculo puede variar dependiendo de la extensión cultivada, por los precios especiales que los proveedores pueden dar a clientes mayoristas, pero este calculo se hizo de acuerdo a una extensión de 15,000 hectáreas.

3.2.2. Costos de mano de obra y maquinaria en plantaciones

La maquinaria utilizada para la palma africana se utiliza únicamente para arar el terreno antes de la siembra y durante la siembra solo se utilizan tractores de tiro para jalar las jaulas que transportan el fruto hacia la planta extractora de aceite crudo. La inversión para los tractores que se utilizan para preparar el terreno para la siembra es muy baja, debido a que ningún agricultor compra estos tractores, sino que existen empresas que arriendan la maquinaria y en cuestión de un día se preparan mas de cien hectáreas. Este costo se calcula dividiendo la inversión inicial en diez años y entre la extensión (en hectáreas) del terreno. Se calcula que este es de \$10.60 por hectárea.

La mano de obra es muy poca en época de no cosecha, ya que solo se requieren unas dos personas por hectárea para aplicar un insecticida por la vía manual, esto realmente no representa un costo significativo. Pero en época de cosecha, se necesita de muchas cuadrillas para cortar la fruta, para transportarla y para seleccionarla. Este costo es de aproximadamente \$40.00 por hectárea.

3.3. Costos de fabricación de una planta productora de biodiesel

Estos costos pueden variar mucho dependiendo de la tecnología que se quiera emplear en la planta. Pero de acuerdo a las expectativas de producción calculadas para la instalación de una planta en Guatemala se utilizara un nivel de tecnología medio, el cual proporcionara una alta producción a un precio accesible.

En lo que se refiere a costos de infraestructura, se puede calcular un terreno de 10,000 m² en las afueras de la ciudad, preferiblemente en la ruta al pacifico. Este terreno puede cotizarse en un promedio de \$ 15,000. El edificio debe de ser de segunda categoría (prefabricados de cemento y estructuras de acero con techo de lamina). Una construcción de esta magnitud con tanques subterráneos para almacenar materia prima y producto terminado asciende a un costo total de \$26,000. Esto tomando en cuenta un área de administración y la planta.

3.4. Costo de la maquinaria utilizada para la producción de biodiesel

Entre la maquinaria estipulada para el proceso completo de producción de biodiesel encontramos:

- La maquinaria requerida para el molino de aceite se cotiza en \$750,000. Esto incluye los extractores de aceite y la pre-separación de las materias primas.

- En la planta de refinamiento y transterificacion se requiere de filtros especiales y maquinaria especializada como maquinas centrífugas y mezcladores al vacío. Esto tiene un costo de aproximadamente \$1,170,000.
- La planta de purificación y separación de glicerol requiere de una inversión de \$500,000. Esto incluye toda la maquinaria necesaria para producir un biodiesel puro y poder negociar el glicerol.

Toda los precios arriba calculados, son aproximaciones de maquinaria italiana, cotizada por medio de la red y con todos los impuestos estipulados para cada maquina. Esto puede variar dependiendo de la maquinaria (calidad y tecnología) pero no en un rango tan grande.

3.5. Costo del proceso de producción

El costo del proceso de producción de biodiesel sin tomar en cuenta la inversión inicial, ni el transporte es de \$1.15 por galón. Esto incluye materia prima y mano de obra directa. A esto debe de agregarse los gastos indirectos y los gastos fijos. Así como también se debe de amortizar la inversión inicial para que ésta se vaya recuperando lo antes posible.

Para calcular este costo se tomo en cuenta el valor de la materia prima y la mano de obra directa necesaria para transformar la materia prima en producto terminado. El costo es dado, para fines de este trabajo, en dólares por galón. Pero realmente el costo en planta se calcula por barril. Cada barril contiene 55 galones, es decir que el costo por barril de producir biodiesel es de \$ 63.25

3.5.1. Mano de obra

La mano de obra en Guatemala es considerada como uno de los recursos más ventajosos para la industria. El país es uno de los países a nivel mundial que posee mano de obra más barata. Esto realmente es una ventaja para los inversionistas, mas no así para elevar el nivel de vida del campesino.

En el campo los salarios son de aproximadamente \$ 3.75 por día y a veces se trabaja por tarea, es decir que el campesino debe de demostrar diariamente su trabajo realizado, para así poder ser remunerado dependiendo de la cantidad de trabajo que logro realizar durante el día.

En lo que se refiere al cultivo de palma africana, la mano de obra es relativamente baja en temporada de no cosecha. Y en temporada de cosecha el costo por hectárea es de \$ 40.00.

Esto en comparación con otros cultivos es increíblemente bajo, pero se debe a que el único trabajo que se debe de realizar en el cultivo de la palma africana es la aplicación quincenal de un insecticida para el control de plagas por medio de una bomba manual con varilla larga y el corte cuando se está en tiempo de cosecha, que es muy rápido y sencillo. Consiste en cortar con varas que en su final poseen una cuchilla especial la fruta y trasladarla al tractor recolector.

3.5.2. Gastos de planta

Entre estos gastos se incluyen los gastos en que incurre una planta productora para la manutención de la misma. Es decir todos aquellos gastos que no están ligados directamente al proceso (materia prima y mano de obra directa). Los más importantes, debido a que son los mas altos, son la energía eléctrica y el costo de mantener almacenado el producto por una cantidad de tiempo determinada.

3.5.2.1. Energía eléctrica

En Guatemala todo tipo de industria, por la cantidad de energía eléctrica consumida, es afectada por una tarifa especial. El factor de potencia hace que el precio se dispare y haga este costo mayor.

De acuerdo a los cálculos de consumo de *kilowatts* por hora de la maquinaria y asumiendo 1,000 kWh para la iluminación de la planta y las oficinas de administración se calcula que el consumo mensual de energía será de 5,000 kWh.

El costo de un kWh en Guatemala es de \$0.16. Esto quiere decir que el costo de energía eléctrica mensual será de \$ 800.00. Habrá equipo que será movilizadado por medio de combustible, este será un costo aparte.

3.5.2.2. Costo de almacenaje

Este costo se calcula de acuerdo a la extensión de la bodega y al costo que representa mantenerla. Esto incluye el sueldo de los bodegueros, las tarimas, el amueblado, el mantenimiento y el costo de alquilar o comprar un montacargas. Este costo se calcula de acuerdo a la cantidad de producto que se almacena (un promedio del mes) para que el costo total del producto ya incluya el almacenaje.

El precio de una bodega, de aproximadamente 2000 mts², en la región de la costa sur es de \$ 1,250 mensuales. En este precio se incluyen todos los gastos extras (arriba mencionados). Este precio se debe de dividir entre la cantidad de producto que se almacenara por mes. Será cuestión de calcular el movimiento del producto para calcular de cuanto será el *stock* de producto en bodega, y así poder tener un dato más certero del costo de almacenaje por mes por galón de biodiesel.

3.5.2.3. Otros

Entre los gastos que no se calculan por separado por ser relativamente bajos podemos nombrar el gasto de teléfono en planta y en garita. El teléfono de oficina esta estimado en los gastos de administración) el gasto de agua potable, el gasto de seguridad (si es que se tiene) el gasto de Internet, gasto de recolección de basura, y otros gastos de administración.

La suma de estos gastos en una empresa de esta magnitud, no debe de sobrepasar los \$ 1,000 mensuales. Pero se deben de considerar como un costo aparte para poder incluirlo en el precio final del producto.

3.6. Venta de biodiesel

Según la información obtenida la venta de combustible de origen fósil en Guatemala es de 5,280,020 barriles (cada barril tiene un equivalente a 55 galones) en cuatro meses, de esta cantidad el 68% es diesel. Esto quiere decir que se importan al año 10,771,240 barriles de diesel. Según un estudio de mercado acerca de la aceptación de biodiesel como combustible alternativo se captaría en los primeros años un 37% de la cantidad total consumida. Esto quiere decir que el mercado real será de 3,985,359 barriles. Sobre este numero se hará el análisis de rentabilidad, para determinar si el negocio es productivo.

La planta productora tendrá un equivalente de producción de aproximadamente 2,500,000 barriles por año, y el precio de venta será de aproximadamente \$ 94.87 por barril. Esto quiere decir que el precio por galón en quetzales será de aproximadamente Q. 13.76, el cual tomando en cuenta los beneficios que el biodiesel trae al mercado, es un precio muy competitivo en el ámbito nacional.

3.7. Rentabilidad de producción de biodiesel

Para el análisis de rentabilidad se tomaran en cuenta:

- Inversión Inicial (terreno, construcción y maquinaria) por un valor total de \$ 2,461,000.

- Costo de producción de biodiesel por barril (este costo incluye todos los gastos de fabrica, transporte y almacenaje) que es de \$ 63.25. Esto multiplicado por la producción anual nos da un valor de \$ 158,125,000.

- Costo de energía eléctrica mensual que asciende a \$ 800.

- Otros costos que incluyen teléfono, agua y otros. Esto es aproximadamente \$1000 mensuales.

- El valor de rescate (33% de la inversión inicial) por un valor de \$ 812,130.

- Las ventas anuales serán de \$ 237,175,000.

Para realizar el estudio de factibilidad se hará un análisis de valor presente neto (VPN), en el cual se tomara en cuenta una tasa de inflación promedio de los últimos tres años según el banco de Guatemala, esta tasa es del 7% y el estudio se calculara para 10 años con un valor de rescate del 33% de la inversión inicial. Esto se calculo según los libros contables y las amortizaciones correspondientes.

VPN = (-) Inversión inicial (-) gasto anual de mantenimiento (-) gasto de producción de biodiesel anual (+) valor de rescate (+) ganancia de venta anual.

$$\text{VPN} = - 2,461,000 - 21,600 (P/F, 7\%, 10) - 158,125,000 (P/F, 7\%, 10) + 812,130 (P/F, 7\%, 10) + 237,175,000 (P/F, 7\%, 10)$$

$$\text{VPN} = - 2,461,000 - 30,704.08 - 224,772,353.47 + 1,154,430.81 + 337,140,761.64$$

$$\text{VPN} = + 111,031,134.90$$

Esto quiere decir que al final de los 10 años, la empresa tendrá un valor positivo de \$ 111,031,134.90 lo cual indica que es un proyecto altamente rentable en el cual se ganara alrededor de 11 millones de US \$ anuales.

4. APLICACIÓN DE BIODIESEL A MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

En este capítulo se tratará de demostrar que el biodiesel se puede utilizar en motores de combustión interna como otra alternativa menos contaminante para el medio ambiente. Basta solo con hacer unos pequeños cambios en el diseño del motor para que este funcione con una potencia y una eficiencia similar a la del diesel de origen fósil.

4.1. Motores de combustión interna

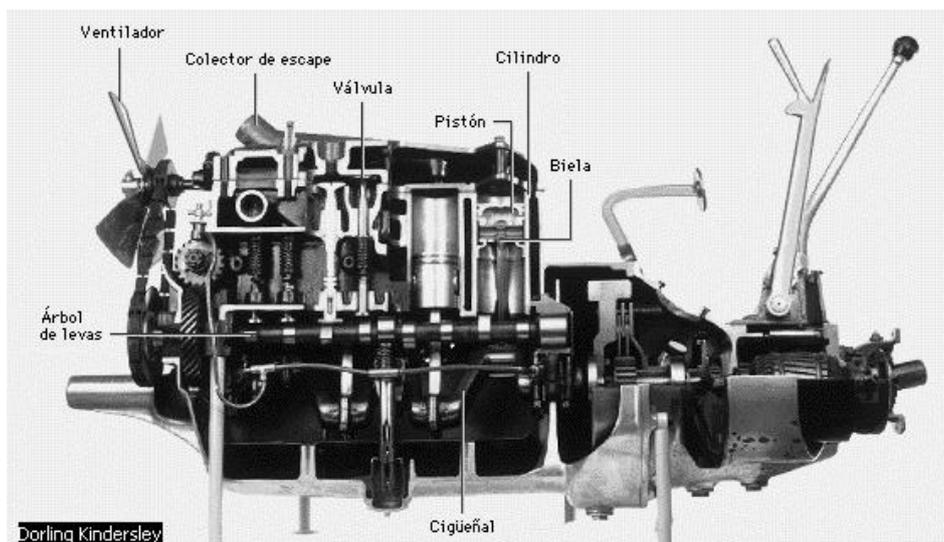
Se le conoce así a cualquier tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos:

- El motor cíclico Otto
- El motor diesel
- El motor rotatorio
- La turbina de combustión.

El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica. El motor diesel, llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los diesel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

El motor de combustión interna genera energía mecánica quemando combustible en una cámara. La introducción de este motor llevó casi de inmediato al desarrollo del automóvil, que habría sido prácticamente imposible con las voluminosas máquinas de vapor. En 1925 fue inventado el motor con cuatro cilindros en línea y pistones de aluminio. Las válvulas se abren al actuar las levas del árbol de levas, y se cierran por la acción de un muelle. El cigüeñal transmite el movimiento a la caja de cambios.

Figura 5. Motor de combustión interna



Fuente: Enciclopedia interactiva Encarta 2004

Los motores Otto y los diesel tienen los mismos elementos principales. La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros.

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión.

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal. Este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, el sistema de ignición de los motores Otto, llamado bobina de encendido, es una fuente de corriente eléctrica continua de bajo voltaje conectada al primario de un transformador. La corriente se corta muchas veces por segundo con un temporizador. Las fluctuaciones de la corriente del primario inducen en el secundario una corriente de alto voltaje, que se conduce a cada cilindro a través de un interruptor rotatorio llamado distribuidor.

El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro. La bujía contiene dos hilos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que genera la chispa que enciende el combustible dentro del cilindro.

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios, de automóviles, de aviones y los motores fuera de borda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro.

En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.

Al contrario de los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal.

Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal, y los iniciadores explosivos, que utilizan la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

4.1.1. Principios fundamentales

Se enfoca el motor de cuatro tiempos. En el primer tiempo, o admisión, el cigüeñal arrastra hacia abajo el émbolo, aspirando en el cilindro la mezcla carburante que está formada por gasolina y aire procedente del carburador.

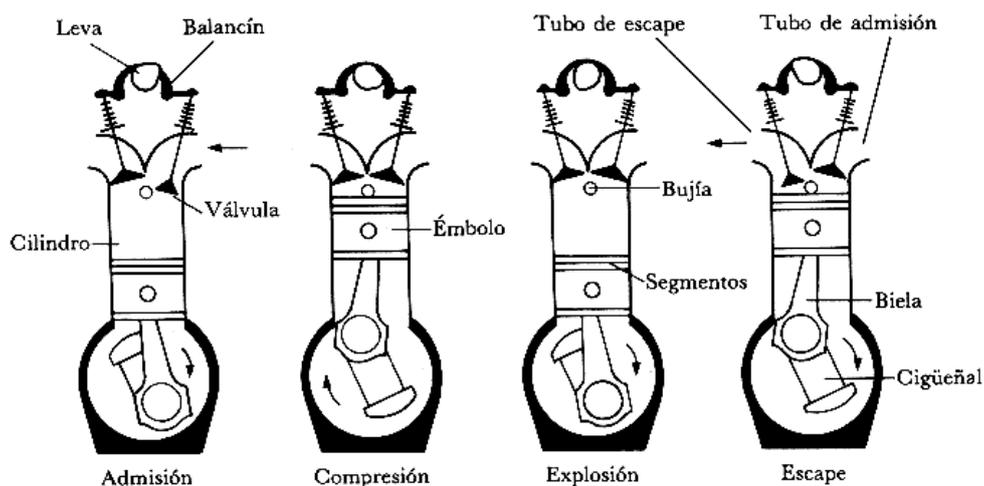
En el segundo tiempo se efectúa la compresión. El cigüeñal hace subir el émbolo, el cual comprime fuertemente la mezcla carburante en la cámara de combustión.

En el tercer tiempo, se efectúa la explosión cuando la chispa que salta entre los electrodos de la bujía inflama la mezcla, produciéndose una violenta dilatación de los gases de combustión que se expanden y empujan el émbolo, el cual produce trabajo mecánico al mover el cigüeñal, que a su vez mueve las llantas del carro y lo hace avanzar.

Por último, en el cuarto tiempo, los gases de combustión se escapan cuando el émbolo vuelve a subir y los expulsa hacia el exterior, saliendo por el mofle o escape del automóvil.

La apertura de las válvulas de admisión y de escape, así como la producción de la chispa en la cámara de combustión, se obtienen mediante mecanismos sincronizados en el cigüeñal.

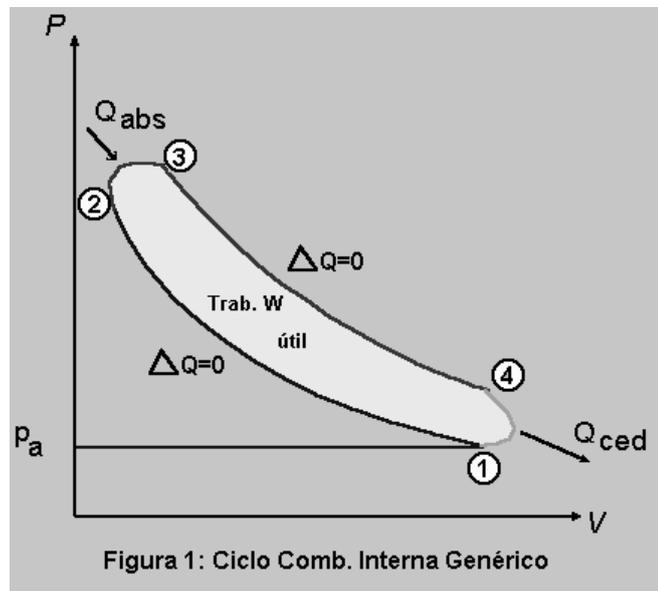
Figura 6. Ciclo de un motor de cuatro tiempos



Fuente: Motores de combustión interna, Análisis y Aplicaciones (Edward F. Obert)

Una característica clave de los motores de combustión interna es que en cada ciclo se aspira aire fresco, luego se adiciona el combustible y se quema en el interior del motor. Luego los gases quemados son expulsados del sistema y se debe aspirar nueva mezcla o aire. Por lo tanto se trata de un **ciclo abierto**

Figura 7. Ciclo ideal de combustión interna



Fuente: Motores de combustión interna, Análisis y Aplicaciones (Edward F. Obert)

Este ciclo abierto consta de las siguientes partes generales: Existe una presión mínima en el sistema equivalente a p_a . Desde 1 hasta 2 se realiza una compresión, en teoría adiabática sin roce. Entre 2 y 3 se realiza la combustión, con un aporte de calor Q_{abs} . Entre 3 y 4 se realiza la expansión de los gases calientes. Normalmente es en esta etapa donde se entrega la mayor parte del trabajo. Esta expansión es también, en teoría, adiabática y sin roce. En 4 se botan los gases quemados a la atmósfera.

El ciclo es realmente **abierto**, pero (para efectos de análisis) se supone que se **cierra** entre 4 y 1, volviéndose el estado inicial. Se introduce, por lo tanto, el concepto de **Ciclo de aire equivalente**. Esto significa que suponemos que el ciclo lo describe solo **aire**, al cual lo hacemos pasar por una sucesión de estados tal que se reproduce el ciclo real. Esto implica las siguientes suposiciones y simplificaciones:

- Las propiedades del aire se suponen constantes para todo el ciclo (no varían ni C_p ni C_v , aunque en el caso real sí lo hacen por variación de temperatura y porque en parte del ciclo se trabaja con gases quemados).
- Se supone un sistema cerrado. Es decir, el aire está cerrado dentro del sistema y se somete a las evoluciones equivalentes.
- Entre **2** y **3** se supone que se aporta calor externamente para lograr la evolución equivalente.
- En forma análoga, entre **4** y **1** se supone que se enfría el aire en forma equivalente.

Una evolución clave en este ciclo genérico es la **compresión de base 1-2**. En efecto, ella es característica de cada ciclo y es (relativamente) constante. En cambio en la operación real, la cantidad de calor Q_{abs} puede variar en forma importante, por lo tanto también varía la evolución **3-4**. Pero la compresión de base es relativamente estable.

Se puede demostrar fácilmente que el rendimiento de la compresión de base queda expresado por:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\alpha^{\gamma-1}}$$

con

$$\alpha = \frac{v_1}{v_2}$$

Por lo tanto, para aumentar el rendimiento del ciclo conviene, en lo posible, aumentar lo más que se pueda la compresión de base. Los límites a esta compresión pueden venir de dos fuentes:

- En el caso de que solo se comprima aire (motores diesel, turbina a gas), la compresión máxima queda fijada solo por razones tecnológicas.
- En el caso que se comprima una mezcla aire-combustible (motor Otto), la compresión máxima queda fijada por los límites de detonación o autoinflamación.

Este ciclo puede ser optimizado si se toman en cuenta los siguientes factores:

- De ser posible, siempre conviene prolongar la expansión **3-4** hasta la presión ambiente. Con ello se gana un área de trabajo adicional sin costo. Claro que en motores alternativos (cilindro-pistón), esto no es posible, pues el volumen máximo está definido.
- En el caso de que la **presión máxima** esté fija, conviene que la combustión se realice a presión constante. En efecto, cuando uno comprime solo aire, conviene que esta compresión sea la máxima posible para maximizar el rendimiento.
- En el caso de que la **compresión máxima** esté fija (caso motores Otto en que se comprime aire-combustible), conviene que la combustión se realice a volumen constante.

4.1.2. Funcionamiento

Existen muchos tipos de motores que trabajan bajo diferentes principios físicos y químicos, a continuación se presentaran los mas utilizados en Guatemala y los que nos servirán para motivos de este trabajo.

Motor cíclico Otto. El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia el cabezal cerrado del cilindro y dos hacia atrás. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia atrás mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire.

Durante la siguiente fase, el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara. Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, la bujía se activa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; ésta es la tercera fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión.

Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25% (o sea, que sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica).

Motor diesel. El ciclo diesel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar a un volumen constante en lugar de a una presión constante. La mayoría de los motores diesel tienen también cuatro tiempos, si bien las fases son diferentes de las de los motores de gasolina. En la primera fase se absorbe solamente aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase, la de compresión, el aire se comprime a una fracción mínima de su volumen original y se calienta hasta unos 440 °C a causa de la compresión.

Al final de la fase de compresión el combustible vaporizado se inyecta dentro de la cámara de combustión y arde inmediatamente a causa de la alta temperatura del aire. Algunos motores diesel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible para arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada. La combustión empuja el pistón hacia atrás en la tercera fase, la de potencia. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de expulsión.

La eficiencia de los motores diesel, que en general depende de los mismos factores que los motores Otto, es mayor que en cualquier motor de gasolina, llegando a superar el 40%. Los motores diesel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min), mientras que los motores Otto trabajan de 2.500 a 5.000 rpm. No obstante, algunos tipos de motores diesel pueden alcanzar las 2.000 rpm. Como el grado de compresión de estos motores es de 14 a 1, son por lo general más pesados que los motores Otto, pero esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de que utilizan combustibles más baratos.

Motores de dos tiempos. Con un diseño adecuado puede conseguirse que un motor Otto o diesel funcione a dos tiempos, con un tiempo de potencia cada dos fases en lugar de cada cuatro fases. La eficiencia de este tipo de motores es menor que la de los motores de cuatro tiempos, lo que implica que la potencia que producen es menor que la mitad de la que produce un motor de cuatro tiempos de tamaño similar.

El principio general del motor de dos tiempos es la reducción de la duración de los periodos de absorción de combustible y de expulsión de gases a una parte mínima de uno de los tiempos, en lugar de que cada operación requiera un tiempo completo. El diseño más simple de motor de dos tiempos utiliza, en lugar de válvulas de cabezal, las válvulas deslizantes u orificios (que quedan expuestos al desplazarse el pistón hacia atrás).

En los motores de dos tiempos la mezcla de combustible y aire entra en el cilindro a través del orificio de aspiración cuando el pistón está en la posición más alejada del cabezal del cilindro. La primera fase es la compresión, en la que se enciende la carga de mezcla cuando el pistón llega al final de la fase. A continuación, el pistón se desplaza hacia atrás en la fase de explosión, abriendo el orificio de expulsión y permitiendo que los gases salgan de la cámara.

Motor rotatorio. En la década de 1950, el ingeniero alemán Felix Wankel desarrolló un motor de combustión interna con un diseño revolucionario, que utilizaba un rotor triangular que gira dentro de una cámara ovalada, en lugar de un pistón y un cilindro. La mezcla de combustible y aire es absorbida a través de un orificio de aspiración y queda atrapada entre una de las caras del rotor y la pared de la cámara. La rotación del rotor comprime la mezcla, que se enciende con una bujía.

Los gases se expulsan a través de un orificio de expulsión con el movimiento del rotor. El ciclo tiene lugar una vez en cada una de las caras del rotor, produciendo tres fases de potencia en cada giro. El motor de Wankel es compacto y ligero en comparación con los motores de pistones, por lo que ganó importancia durante la crisis del petróleo en las décadas de 1970 y 1980. Además, funciona casi sin vibraciones y su sencillez mecánica permite una fabricación barata. No requiere mucha refrigeración, y su centro de gravedad bajo aumenta la seguridad en la conducción.

Motor de carga estratificada. Una variante del motor de encendido con bujías es el motor de carga estratificada, diseñado para reducir las emisiones sin necesidad de un sistema de recirculación de los gases resultantes de la combustión y sin utilizar un catalizador. La clave de este diseño es una cámara de combustión doble dentro de cada cilindro, con una antecámara que contiene una mezcla rica de combustible y aire mientras la cámara principal contiene una mezcla pobre. La bujía enciende la mezcla rica, que a su vez enciende la de la cámara principal. La temperatura máxima que se alcanza es suficiente como para impedir la formación de óxidos de nitrógeno, mientras que la temperatura media es la suficiente para limitar las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos.

4.1.3. Aplicaciones

Los motores de combustión interna (MCI) se utilizan en una cantidad innumerable de aplicaciones, entre las más importantes encontramos:

- Generadores de energía
- Motores de automóvil
- Motores de buses
- Motores de tractores
- Motores de motocicletas
- Motores de podadoras de césped
- Motores para bombas de agua
- Motores para lanchas
- Motores para bandas transportadoras
- Motores para mover maquinaria industrial, entre otros

Todos estos diferentes tipos de motores se adecuan a la tecnología necesaria para satisfacer las necesidades para la cual fueron creados. Estos pueden variar en potencia, eficiencia, forma de fabricación, tipos de combustible, pero tienen la característica en común, que todos llevan a cabo la combustión dentro del motor.

4.2. Similitud entre el biodiesel y el diesel de origen fósil

Entre los factores que pueden ser comparados entre estos dos tipos de combustibles encontramos unas características muy parecidas en lo que se refiere a cetanaje, punto de inflamación, viscosidad, volatilidad y otras características físicas que no importan para motivos de esta investigación.

Por otra parte estos dos combustibles son muy diferentes, empezando desde el proceso de producción (para el biodiesel) y refinamiento (para el gasoil) y las características de cada uno, hasta los diferentes comportamientos dentro de un motor de combustión interna.

En conclusión podríamos decir que no tienen muchas características en común, al contrario se ha creado uno para sustituir al otro con características totalmente diferentes que buscan el mejoramiento continuo del combustible, sin pasar por alto la eficiencia del motor y el medio ambiente.

4.3. Sustitución del diesel por el biodiesel en los motores de combustión interna

Para llevar a cabo este cambio no es necesario hacer una gran inversión, basta con cambiar piezas pequeñas como filtros y mangueras para poder así usar sin ningún tipo de problema el combustible de origen vegetal. El biodiesel puede ser utilizado en un motor de combustión interna sin ningún problema, es mas, cualquier otro tipo de combustible (gas propano, gas metano y hasta aceite vegetal) puede funcionar bien en un motor con tan solo hacer unos pequeños cambios de estructura y no de diseño del motor.

4.3.1. Cambios necesarios

El Biodiesel es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor diesel convencional, haciendo muy pocas modificaciones. Puede consumirse en cualquier motor que consuma diesel de petróleo (o petrodiesel). El biodiesel puede usarse en un motor de diesel petrolífero bien como biodiesel puro o mezclarse en cualquier proporción con petrodiesel.

Respecto al motor en el cual se va a utilizar el biodiesel, en general no requieren grandes modificaciones, salvo cambios de ciertos metales que se disuelven con el biodiesel (Cu) y de juntas poco resistentes por unas de mejor material (Vitón). Esto es debido al alto poder solvente del metil éster. Debido a estas capacidades solvente y detergente tan altas, el biodiesel elimina toda la suciedad y a veces algo de pintura de los tanques y conductos de combustible, en aquellos motores que han usado tradicionalmente gasoil y de pronto comienzan a usar biodiesel.

Esto obliga en un principio a limpiezas periódicas de los filtros de combustible. Por ser un producto de mayor peso molecular y mayor temperatura de ebullición promedio, suele haber pequeñas cantidades que se escurren por las paredes y pasan al cárter. No afecta mayormente al lubricante, debido a que el biodiesel tiene un muy buen poder lubricante, pero la disminución de la viscosidad podría ocasionar cambios mas frecuentes del aceite.

Otro cambio necesario es remplazar las mangueras de caucho natural por caucho sintético, ya que el biodiesel es altamente corrosivo y puede picar las mangueras de caucho natural.

Siempre lo mas conveniente es consultar al fabricante del motor si este esta diseñado para trabajar con este tipo de combustible y cuales podrían ser los efectos secundarios que el combustible puede causar en el motor.

4.3.2. Funcionamiento

En las pruebas realizadas se pudo comprobar que el biodiesel funciona de la misma manera que el diesel de origen fósil, esto quiere decir que a la hora de la explosión produce una cantidad de trabajo similar a la del diesel. Por otra parte los gases que el biodiesel producen no son tan dañinos para el humano y el medio ambiente en general.

También cabe resaltar la limpieza con que trabaja el biodiesel, es decir que no produce tanta suciedad por hollín como lo hace el diesel de uso normal. Este es un factor determinante para el motor, ya que la suciedad por hollín incrementa la viscosidad en el aceite lubricante y por lo mismo se incrementa el desgaste de las piezas metálicas, disminuyendo así la vida útil del motor.

4.3.3. Rendimiento y desempeño

El rendimiento demostrado por el biodiesel es muy parecido al del diesel, llevando a cabo pruebas en tractores marca John Deer se demostró que bajo las mismas condiciones de carga, temperatura, antigüedad del motor y condiciones ambientales (temperatura, presión, humedad, etc.) el diesel tiene un rendimiento de 28.3 kilómetros por galón de combustible, mientras que el biodiesel demostró un rendimiento de 28.16 kilómetros por galón de combustible

En estas mismas pruebas se demostró que la comparación entre el desempeño del diesel y el del biodiesel fue favorable para el biodiesel, ya que trabajó con mayor limpieza y menos contaminantes que el diesel, aumentando así, a largo plazo la vida útil del motor y reduciendo los costos de mantenimiento.

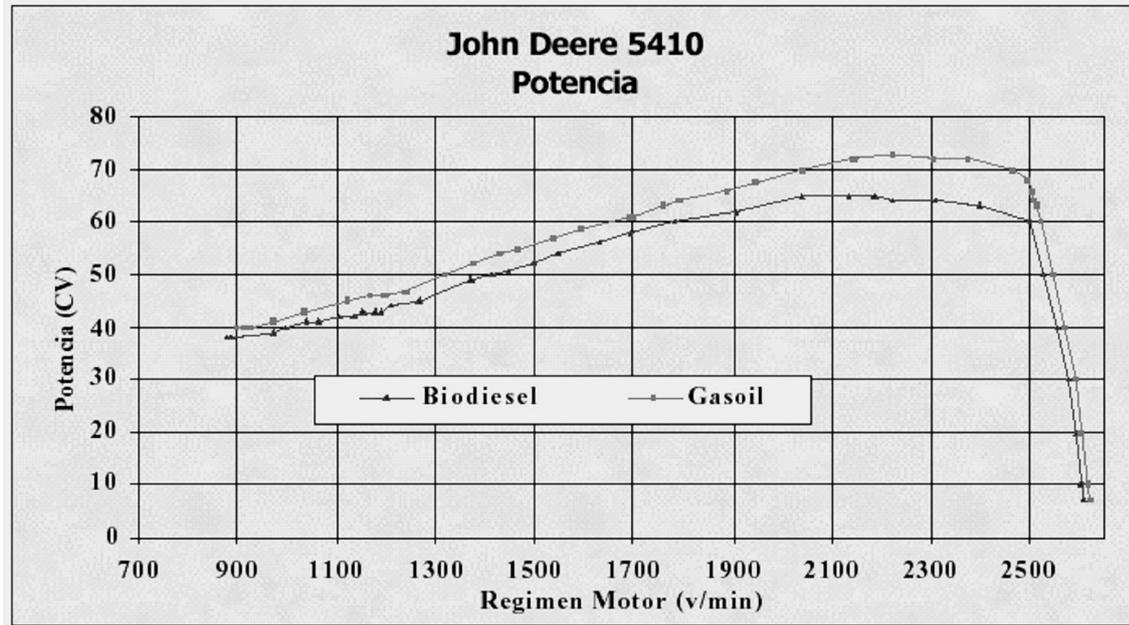
4.4. Comparación entre diesel y biodiesel

En este inciso se compararan los resultados de pruebas realizadas y se les dará especial importancia a las características principales en un motor de combustión interna (potencia, eficiencia y contaminantes), cabe mencionar que en todos los aspectos estos dos combustibles son muy parecidos, con la única diferencia que el de origen vegetal no produce tantos contaminantes y puede clasificarse como un recurso renovable.

4.4.1. Potencia

A continuación se presentaran graficas para hacer mas explicitas las comparaciones en lo que se refiere a potencia en motores de tractor John Deere 5410, esta potencia esta dada en caballos de fuerza . revoluciones por minuto. Se demuestra una mayor potencia del gasoil o diesel a lo largo de toda la grafica, pero realmente no es un rango de diferencia representativo para motores que se dedican a trabajo pesado y no de velocidad. Es decir que el biodiesel puede cumplir con los requerimientos de trabajo aun no teniendo la potencia que se puede llegar a tener con diesel.

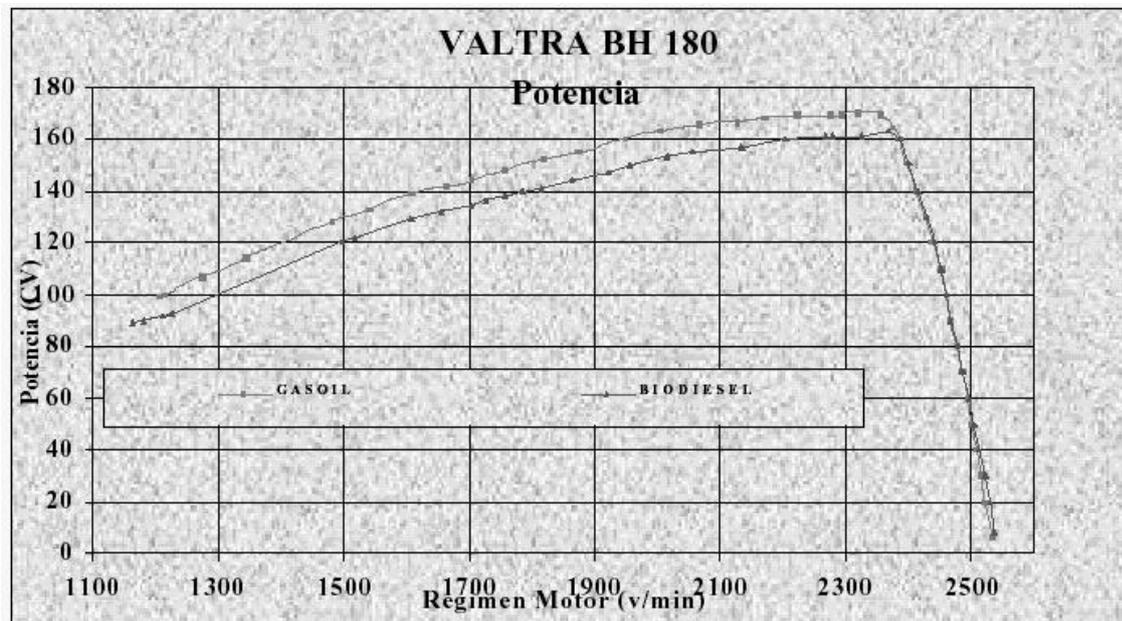
Figura 8. Diesel Vs. Biodiesel (potencia en motores John Deere 5410)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Aquí se presenta otra prueba realizada a otro motor, un Valtra BH 180, en este motor la diferencia de potencia entre biodiesel y diesel tampoco es significativa, siendo la del diesel siempre un poco mas alta.

Figura 9. Diesel Vs. Biodiesel (potencia en motores Valtra BH 180)



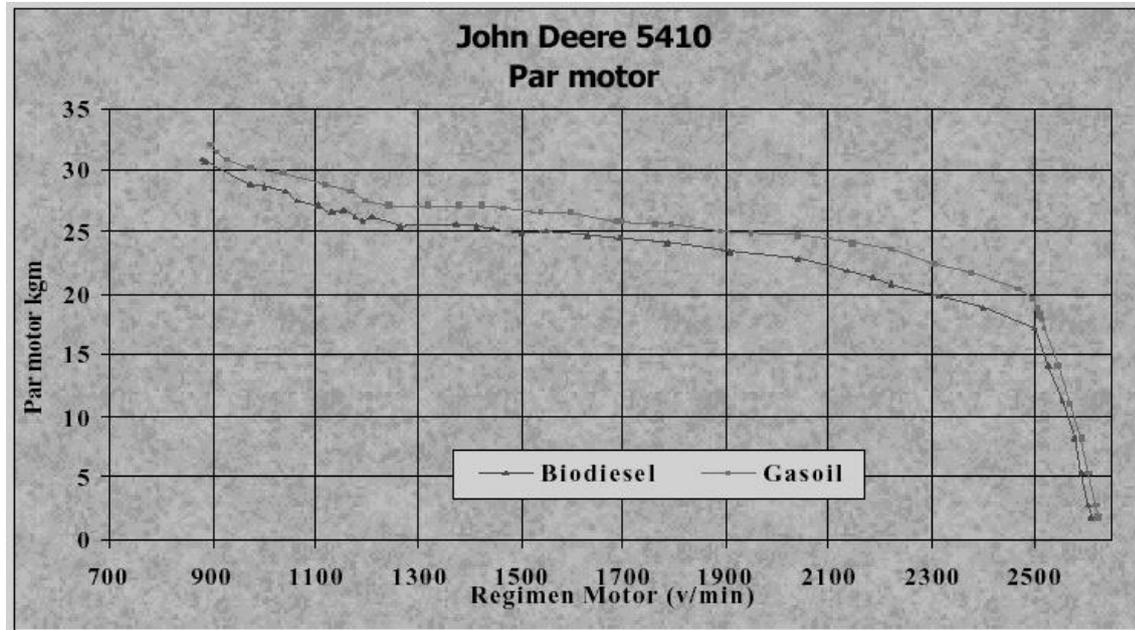
Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

En conclusión se puede decir que el diesel de origen fosil genera una mayor potencia en el motor, pero no es significativa si se toman en cuenta otros factores.

4.4.2. Eficiencia

Para demostrar la eficiencia se tomara en cuenta dos factores; el par motor y el consumo horario:

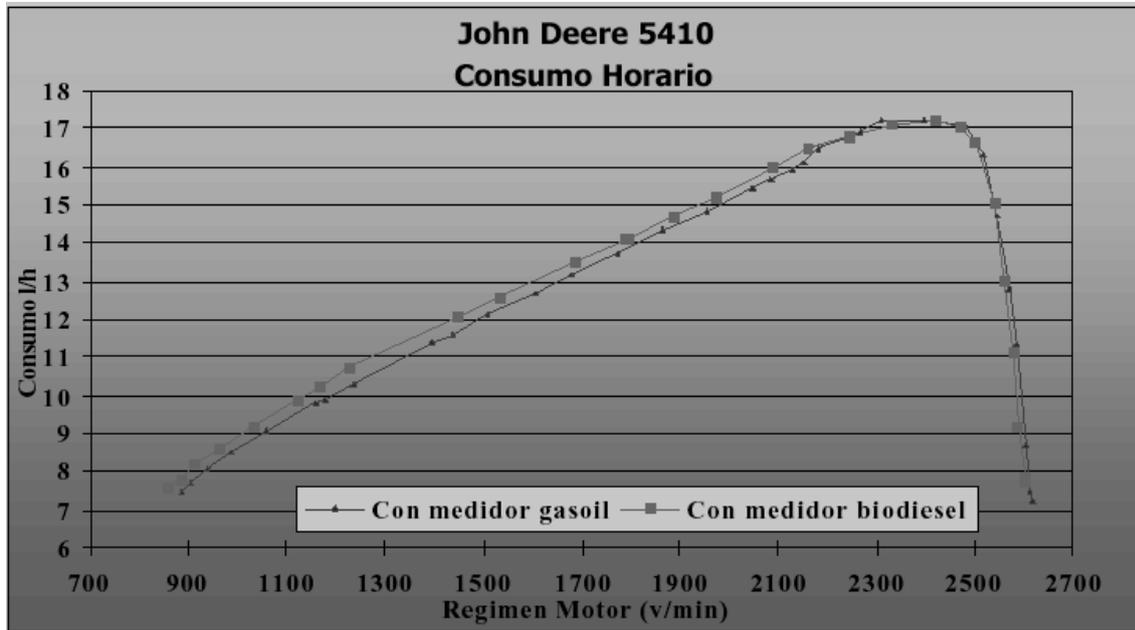
Figura 10. Diesel Vs. Biodiesel (eficiencia por medio del par motor en motores Jonh Deere 5410)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

El par motor es mayor en el gasoil, lo que indica que este es mas eficiente con respecto al biodiesel, pero igual que en el análisis de potencia, se puede decir que no en una cantidad muy grande o significativa como para desplazar al combustible de origen vegetal.

Figura 11. Diesel Vs. Biodiesel (eficiencia por medio del consumo horario en motores John Deere 5410)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

En la grafica consumo horario nos podemos dar cuenta que se requiere de mas biodiesel por hora para llegar a las mismas revoluciones por minuto, lo cual indica que el gasoil o diesel es en una pequeña proporción mas eficiente que el biodiesel.

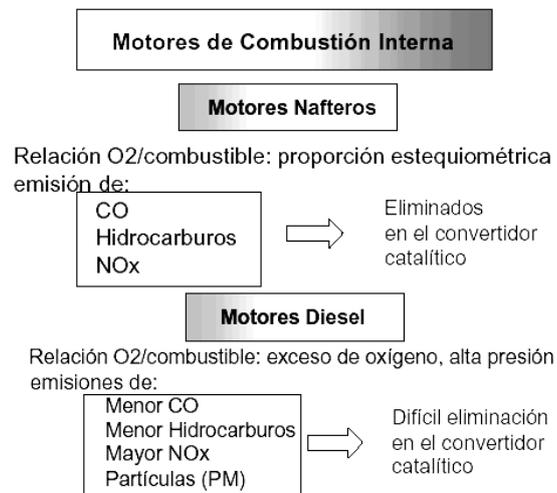
4.4.3. Contaminantes

A continuación se mencionaran ciertos puntos favorables al biodiesel en comparación con el diesel en los aspectos ambientales y contaminantes;

- Su producción es renovable
- En su proceso de producción primaria y elaboración industrial determina un balance de carbono, menos contaminante que los combustibles fósiles
- Cumple con los requisitos de la EPA, para los combustibles alternativos de emplearse puro o combinado con los combustibles fósiles en cualquier proporción.
- No contiene azufre y por ende no genera emanaciones de esta base, las cuales son responsables de las lluvias ácidas.
- Quema mejor, reduciendo el humo visible en el arranque en un 30%
- Cualquiera de sus mezclas reduce, en proporción equivalente a su contenido, las emanaciones de CO₂, CO, Partículas e hidrocarburos aromáticos, estas reducciones están, en el orden del 15% para los hidrocarburos, del 18% para las partículas en suspensión, del 10% para el óxido de carbono y del 45% para el dióxido de carbono. Estos indicadores se mejoran notablemente si se adiciona un catalizador

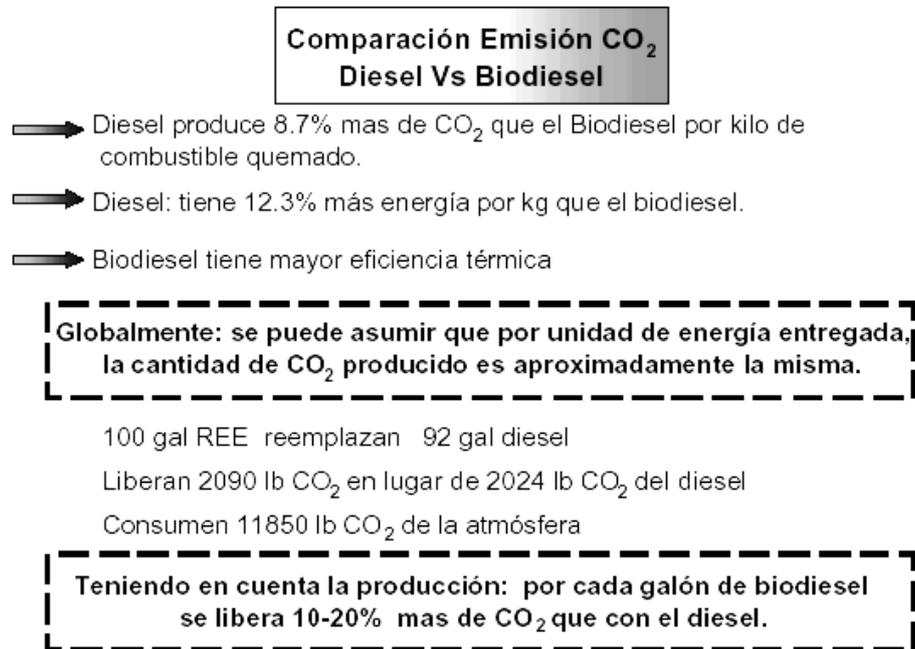
A continuación se presentara una tabla en donde se describen los contaminantes que un motor de combustión interna genera, y como estos pueden ser eliminados por medio de catalizadores o convertidores.

Figura 12. Emisión de gases de un motor de combustión interna



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

Figura 13. Comparación de Emisión de CO₂ entre diesel y biodiesel



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

En esta tabla podemos ver que el diesel es mucho más toxico y contaminante que el biodiesel, por lo que es preferible utilizar biodiesel si se piensa en la conservación del medio ambiente.

4.5. Pruebas realizadas

Las pruebas más recientes se realizaron en los Estados Unidos de Norte América y el Ministerio de Energía y Minas (MEM) facilita esta información para todas las personas o entidades que estén interesadas. Estas pruebas se llevaron a cabo en tractores de la siguiente descripción.

Tabla VI. Características de los tractores sometidos a pruebas

TRACTOR	TRACTOR 1	TRACTOR 2
Motor	3045 D	620 DS
Número de cilindros	6	6
Carrera	127	
Diámetro	106	
Cilindrada	4.500	6.600

Fuente: Ministerio de Energía y Minas MEM

El biodiesel empleado fue el siguiente;

Tabla VII. Características del biodiesel empleado para pruebas.

Análisis V-159.209 : BIODIESEL (B100)		ESPECIFICACIÓN S.E.M. Resol. 129/2001		
PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS				
Aspecto	ASTM D 4176		N° 1 (claro y limpio)	
Densidad a 15°C	ASTM D 1298	g/cm ³	0,8904	0,875 – 0,900
Color	ASTM D 1500		2.0	
Destilación	ASTM D 86			
Punto inicial		°C	72	
10 % recuperado a		°C	328	
50 % recuperado a		°C	335	
90 % recuperado a		°C	350	
Punto final		°C	350	
Rendimiento		% v	92,0	
Viscosidad a 40°C	ASTM D 445	cSt	5,42	3,5 – 5,0
Punto de inflamación (PM)	ASTM D 93	°C	38	100 mín.
Punto de enturbiamiento	ASTM D 97	°C	-2	
Punto de escurrimiento	ASTM D 97	°C	-9	
Azufre	ASTM D 129	%m	<0,1	0,01 máx.
Cenizas	ASTM D 482	%m	0,03	0,02 máx.
Glicerina libre	ASTM D 6584	%	n/d	0,02 máx.
Glicerina libre	ASTM D 6584	%	n/d	0,02 máx.
CALIDAD DE IGNICION				
Índice de Cetano (estimado)	ASTM D 976		45	<u>S.E.M. Resol.129/2001</u> 46 mín.
Poder Calorífico	ASTM D 4868			
Superior		Kcal/kg	10.732	
Inferior		Kcal/kg	10.094	
ESTABILIDAD QUIMICA				
Envejecimiento artificial	ASTM D 130			
Corrosión al cobre			N° 1 a	
Color estabilizado				3.0
Carbón Conradson s/10 %				
Residuo Destilación	ASTM D 189	%	0,088	
Número de neutralización	ASTM D 664	mgKOH/g	0,097	0,5 máx.
CONTAMINANTES				
Agua (Karl Fischer)	ASTM D 1744	ppm	667,7 (0,07 %)	
Filtración por membrana de poro 5 µ "absolutos"	ISO 4406			
Sedimentos		mg/l	33,0	
Volumen filtrado		ml	10	
Caracterización				<ul style="list-style-type: none"> • Escasa materia resinosa. • Escasas astillas vegetales. • Escasa sílice. • Impurezas no identificadas.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Estos son los resultados luego de que el biodiesel fue sometido a pruebas de laboratorio;

- La muestra analizada responde a características generales del biodiesel B100, según Resolución 129/01.
- La calidad de ignición es buena. Índice de cetano: 45.
- No forma residuo carbonoso. Sin embargo, la combustión completa es difícil, pues requiere altas temperaturas para quemar los componentes más pesados.
- El punto de escurrimiento es . 9 °C. Lo hace apto para ser usado en invierno.
- La viscosidad es algo elevada. Sin embargo, no provocará excesiva fricción interna ni atascamiento de las agujas de inyectores.
- No se detecta contaminación con agua.
- El combustible no forma lacas ni barnices.
- No se observan sólidos anormales.
- El contenido de azufre es bajo.

El gasoil utilizado fue el siguiente;

Tabla VIII. Características del gasoil empleado para pruebas

Análisis N° : V-159.277		GAS OIL		ESPECIFICACIÓN
<u>PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS</u>				<u>IRAM 6537-97</u>
Aspecto	ASTM D 4176		N° 1 (claro y límpido)	2 máx.
Densidad a 15°C	ASTM D 1298	g/cm ³	0,8544	0,800 – 0,870
Color	ASTM D 1500		2.5	
Destilación	ASTM D 86			
Punto inicial		°C	180	
10 % recuperado a		°C	228	235 máx.
50 % recuperado a		°C	292	300 máx.
90 % recuperado a		°C	361	360 máx.
Punto final		°C	391	
Rendimiento		% v	99,0	
Viscosidad a 40°C	ASTM D 445	cSt	4,04	2,0 - 4,5
Punto de inflamación (PM)	ASTM D 93	°C	70	45 mín.
Punto de enturbiamiento	ASTM D 97	°C	+2	
Punto de escurrimiento	ASTM D 97	°C	-9	
Azufre	ASTM D 129	%m	0,17	0,25 máx.
Cenizas	ASTM D 482	%m	0,00	0,01 máx.
Los datos informados se refieren a la muestra analizada. Para cada determinación, la incertidumbre corresponde a la norma específica				
<u>CALIDAD DE IGNICION</u>				<u>ESPECIFICACION</u>
				<u>IRAM 6537-97</u>
Indice de Cetano	ASTM D 4737		50,09	48 mín.
Poder Calorífico	ASTM D 4868			
Superior		Kcal/kg	10.852	
Inferior		Kcal/kg	10.188	
<u>ESTABILIDAD QUIMICA</u>				
Envejecimiento artificial	ASTM D 130			
Corrosión al cobre			N° 1 a	N° 1 máx.
Color estabilizado			3.0	
Carbón Conradson s/10 %				
Residuo Destilación	ASTM D 189	%	0,034	0,15 máx.
<u>CONTAMINANTES</u>				
Agua				
decantada		% v.	ausente	
dispersada	ASTM D 95	% v.	ausente	0,03 máx.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)

Este combustible también fue sometido a pruebas de laboratorio y el resultado fue el siguiente;

- La muestra analizada responde a especificaciones del Gas Oil, según Norma IRAM 6537
- La calidad de ignición es buena. i. Índice de cetano: 50,1
- No se detectan adulteraciones con kerosene ni solventes.
- No se detecta contaminación con agua.
- El combustible forma lacas y barnices. Estas no son eliminables por filtración.
- El combustible no presenta contaminación anormal con sólidos.
- El contenido de azufre es bajo: 0,17 %. No provocará emisiones nocivas.
- El combustible podrá utilizarse en las actuales condiciones. Sugérase instalar filtros en la línea a los surtidores.

Con esta maquinaria y estos combustibles se llevaron a cabo los ensayos experimentales bajo condiciones reales de exigencias climatológicas y de trabajo severo.

4.6. Resultados de pruebas realizadas

Los resultados comparativos de las pruebas realizadas a tractores con biodiesel y con gasoil son los siguientes;

Tabla IX. Resultado de las pruebas realizadas

Tractor 1		
Principales Resultados	Biodiesel	Gasoil
Potencia máxima	65CV	73CV
Potencia max. c /caudalímetro		CV
Par máximo	30.93mkg	31.91mkg
Par a potencia máxima	21.70mkg	21.82mkg
Par a régimen nominal	18.80mkg	21.69mkg
Reserva de par	42.53%	46.23%
Zona acc.regulador	18.23%	15.25%
Reserva de régimen	1244.44rpm	1324.44rpm
Inyección plena carga	62.02 mm ³	62.38mm ³
Consumo a potencia max.	17.10 l/h	16.90l/h
Consumo a par max.	7.60 l/h	7.50l/h
Con.especifico a potencia max.	220.62 g/CVh	203.06g/CVh
Cons. especifico a par max.	178.60 g/CVh	163.46g/CVh
Régimen máximo	2609rpm	2622rpm
Régimen nominal	2400rpm	2400rpm
Régimen potencia máxima	2133rpm	2222rpm
Régimen par máximo	889rpm	898rpm

Tractor 2

Principales Resultados	Biodiesel	Gasoil
Potencia máxima	163CV	170CV
Potencia max. c /caudalímetro	160.00	170.00CV
Par máximo	57.55mkg	61.87mkg
Par a potencia máxima	49.34mkg	52.52mkg
Par a régimen nominal	45.06mkg	43.34mkg
Reserva de par	27.72%	42.74%
Zona acc.regulador	6.89%	7.00%
Reserva de régimen	845.45 rpm	886.36rpm
Inyección plena carga	63.94 mm ³	61.68mm ³
Consumo a potencia max.	38.20 l/h	36.90l/h
Consumo a par max.	25.90 l/h	24.40l/h
Con.especifico a potencia max.	213.20 g/CVh	184.07g/CVh
Cons. específico a par max.	191.15 g/CVh	161.65g/CVh
Régimen máximo	2539rpm	2532rpm
Régimen nominal	2400rpm	2400rpm
Régimen potencia máxima	2364rpm	2355rpm
Régimen par máximo	1518rpm	1468rpm

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM)



PDF
Complete

*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. BENEFICIOS EN LA APLICACIÓN DE BIODIESEL

Los beneficios de utilizar biodiesel en lugar del diesel son muchos, pero en este capítulo se resaltarán los más importantes como lo son los ambientales y la productividad que puede traer este tipo de producto a un país en vía de desarrollo como lo es Guatemala.

5.1. Beneficios ambientales

Durante el último siglo se ha incrementado el uso de productos dañinos para el medio ambiente, tal es el caso de los hidrocarburos, que se han utilizado de una manera desmedida. Esto está causando daños irreversibles al medio ambiente y posiblemente muertes en el mediano plazo; de hecho, ya se presentan cambios drásticos en el clima, con efecto negativo en la parte agrícola forestal, la biodiversidad, y en la vida marina. Es necesario utilizar nuevos combustibles que no sean tan dañinos para el medio ambiente y que permitan un desarrollo sostenible.

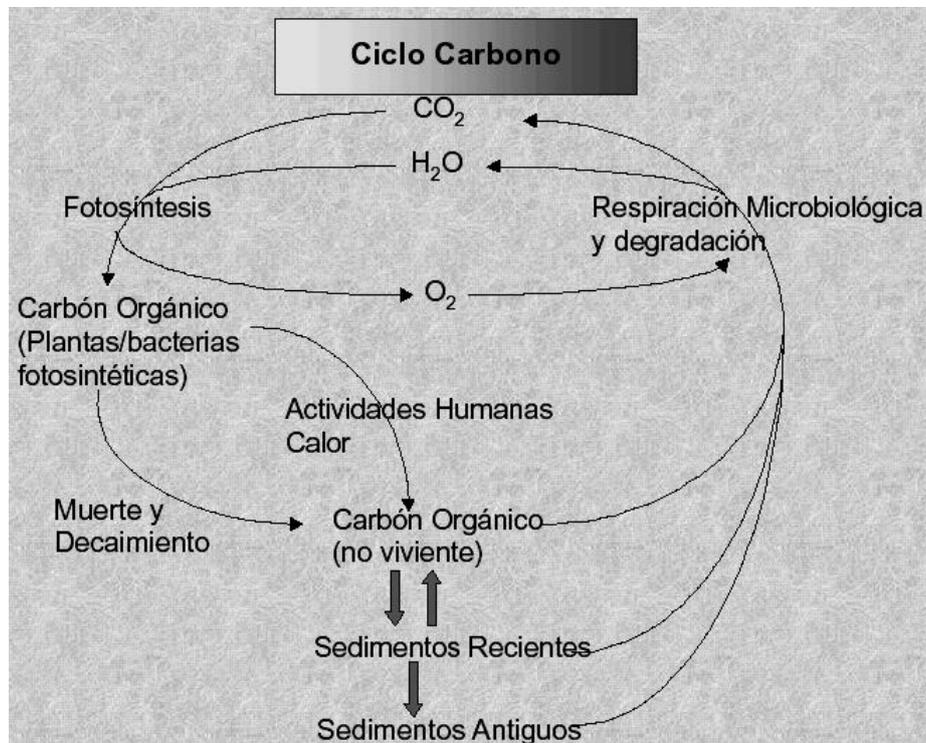
La nueva y más rentable alternativa para disminuir los daños al medio ambiente en lo que a combustibles se refiere, para el caso de los motores accionados por combustible diesel, se llama biodiesel y a continuación se darán a conocer los beneficios ambientales que traería su uso.

5.1.1. Residuos del biodiesel

Se debe de tomar en cuenta de que el biodiesel no produce tanta energía como el diesel. Haciendo una comparación entre emisión de gases nocivos y energía transmitida, es el biodiesel el que produce alrededor de 10% mas de gas nocivo. Por este calculo se concluye que no es conveniente utilizar biodiesel si lo que buscamos es aumentar la energía transmitida.

Para entender mejor esto presentare el ciclo del carbono, en el cual esta explicado la forma en que lleva a cabo los cambios de este elemento:

Figura 14. Ciclo del carbono



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

5.1.2. Contaminación al medio ambiente

Hay que decir que contaminación se define como la impregnación del aire, el agua o el suelo con productos que afectan a la salud del hombre, la calidad de vida o el funcionamiento natural de los ecosistemas. Sobre la contaminación de la atmósfera por emisiones industriales, incineradoras, motores de combustión interna y otras fuentes. Sobre la contaminación del agua, los ríos, los lagos y los mares por residuos domésticos, urbanos, nucleares e industriales; depuración de aguas; contaminación del agua; eliminación de residuos sólidos.

Cada año, los países industrializados generan miles de millones de toneladas de contaminantes. El nivel suele expresarse en términos de concentración atmosférica (microgramos de contaminantes por metro cúbico de aire) o, en el caso de los gases, en partes por millón, es decir, el número de moléculas de contaminantes por millón de moléculas de aire. Muchos contaminantes proceden de fuentes fácilmente identificables; el dióxido de azufre, por ejemplo, procede de las centrales energéticas que queman carbón o petróleo, otros se forman por la acción de la luz solar sobre materiales reactivos previamente emitidos a la atmósfera (los llamados precursores).

Por ejemplo, el ozono, un peligroso contaminante que forma parte del smog, se produce por la interacción de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno bajo la influencia de la luz solar. El ozono ha producido también graves daños en las cosechas; por otra parte, el descubrimiento en la década de 1980 de que algunos contaminantes atmosféricos, como los fluorocarbonos, están produciendo una disminución de la capa de ozono protectora del planeta ha conducido a una supresión paulatina de estos productos.

La mayoría de la contaminación es debida al exceso de circulación rodada y provocada sobre todo por la quema de combustibles fósiles, en especial gasolina y gasoil. Los contaminantes más usuales que emite el tráfico son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los compuestos orgánicos volátiles y las macropartículas. Por lo que se refiere a estas emisiones, los transportes en los países desarrollados representan entre el 30 y el 90% del total. También hay compuestos de plomo y una cantidad menor de dióxido de azufre y de sulfuro de hidrógeno. El amianto se libera a la atmósfera al frenar. El tráfico es también una fuente importante de dióxido de carbono.

El monóxido de carbono es venenoso, a dosis reducidas produce dolores de cabeza, mareos, así como disminución de la concentración y del rendimiento. Los óxidos de nitrógeno y azufre tienen graves efectos sobre las personas que padecen asma bronquial, cuyos ataques empeoran cuanto mayor es la contaminación, pues además estas sustancias irritan las vías respiratorias, si bien aún no hay una explicación médica precisa. Entre los compuestos orgánicos volátiles está el benceno, que puede provocar cáncer, al igual que el amianto, aunque su efecto sólo está claramente establecido a dosis más altas que las debidas al tráfico.

Las macro partículas son partículas sólidas y líquidas muy pequeñas que incluyen el humo negro producido sobre todo por los motores diesel y se asocian a una amplia gama de patologías, entre ellas las enfermedades cardíacas y pulmonares. El plomo dificulta el desarrollo intelectual de los niños. El dióxido de carbono no siempre se clasifica como contaminante, pero sí guarda relación con el calentamiento global.

La mayor preocupación por la contaminación que produce el tráfico rodado se refiere a las zonas urbanas, en donde un gran volumen de vehículos y elevadas cifras de peatones comparten las mismas calles. Ciertos países controlan ya los niveles de contaminación de estas zonas para comprobar que no se sobrepasan las cifras establecidas internacionalmente. Los peores problemas se producen cuando se presenta una combinación de tráfico intenso y de calor sin viento; en los hospitales aumenta el número de urgencias por asma bronquial, sobre todo entre los niños.

Las concentraciones son más elevadas en las calles por donde circulan los carros, o cerca de éstas (es probable que el máximo se alcance de hecho dentro de los vehículos, donde las entradas de aire están contaminadas por los vehículos que van adelante) y se reducen con rapidez incluso a poca distancia de la calle sobre todo si sopla el viento. Sin embargo, aparte de los efectos directos sobre la salud de las personas que respiran los humos del tráfico, los productos químicos interactúan y producen ozono de bajo nivel, que también contribuye al calentamiento global, así como lluvia ácida, la cual tiene efectos destructores sobre la vida vegetal, aun en países alejados de las fuentes de emisión.

Los catalizadores limpian parte de las emisiones, pero no así el plomo, el dióxido de carbono ni las macro partículas. Hay plomo porque se añade a la gasolina para mejorar el rendimiento del motor. Es posible reducir su empleo aplicando diferenciales de precios. El dióxido de carbono es inevitable en los combustibles fósiles; su reducción depende de la utilización de otros combustibles, de mejorar la eficiencia del combustible o de reducir el volumen de tráfico.

En muchos países, reducir la contaminación que provoca el tráfico es una de las grandes prioridades y, en la mayoría de los casos (aunque no siempre), se reconoce que ello puede pasar por restringir en cierta medida el aumento del volumen total de tráfico, ya sea con medidas de urgencia durante algunos días, cuando la contaminación es demasiado alta, o mediante políticas más completas a largo plazo. La calidad del aire es uno de los motivos de políticas como la implantación de zonas peatonales en el centro de las ciudades, la limitación del tráfico y la creación de autopistas de peaje como la autopista Palin - Escuintla.

Por otro lado se debe de tomar en cuenta que las altas chimeneas de las industrias no reducen la cantidad de contaminantes, simplemente los emiten a mayor altura, reduciendo así su concentración. Estos contaminantes pueden ser transportados a gran distancia y producir sus efectos adversos en áreas muy alejadas del lugar donde tuvo lugar la emisión.

En Europa se cuenta con pruebas documentadas que el pH o acidez relativa de muchos lagos de agua dulce de la región se ha visto alterado hasta tal punto que han quedado destruidas poblaciones enteras de peces; por ejemplo, Suecia ha visto afectada la capacidad de sustentar peces de muchos de sus lagos. Las emisiones de dióxido de azufre y la subsiguiente formación de ácido sulfúrico pueden ser también responsables del ataque sufrido por las calizas y el mármol a grandes distancias.

El creciente consumo de carbón y petróleo desde finales de la década de 1940 ha llevado a concentraciones cada vez mayores de dióxido de carbono. El efecto invernadero resultante, que permite la entrada de la energía solar pero reduce la reemisión de rayos infrarrojos al espacio exterior, genera una tendencia al calentamiento que podría afectar al clima global y llevar al deshielo parcial de los casquetes polares. Es concebible que un aumento de la cubierta nubosa o la absorción del dióxido de carbono por los océanos pudieran poner freno al efecto invernadero antes de que se llegara a la fase del deshielo polar.

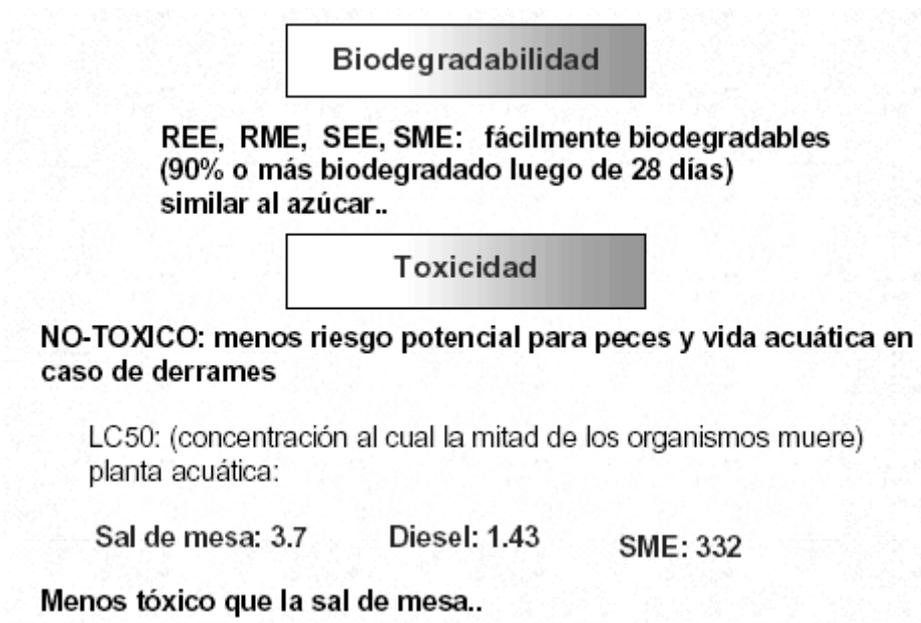
No obstante, los informes publicados en Estados Unidos en la década de 1980 indican que el efecto invernadero es un hecho y que las naciones del mundo deberían tomar medidas inmediatamente para ponerle solución. A nivel internacional, una de las medidas propuestas es utilizar en motores de combustión interna el biodiesel ya que entre algunos beneficios ambientales que se podrían obtener con el uso del mismo se pueden mencionar:

- 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.
- Volcados al medioambiente se degradan mas rápidamente que los petrocombustibles
- 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

- Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado, el biodiesel puro posee un punto de ignición de 148°C contra los escaso 51°C del gasoil

Podemos mencionar también que la biodegradabilidad y la toxicidad son menores que la del diesel.

Figura 15. Biodegradabilidad y toxicidad



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

5.1.2.1. Capa de ozono

La capa de ozono es un compuesto gaseoso situado en la estratosfera, entre 25 o 30 kilómetros desde la línea del suelo. Está constituida por un gas azulado que protege el planeta de la radiación de los rayos ultravioleta provenientes del sol. Su grosor, entre las magnitudes climáticas, no llama la atención; se dice que si se extendiera de manera uniforme toda la capa de ozono sobre nuestras cabezas, su espesura alcanzaría escasamente los 3 milímetros. Se dice que el ozono es más activo químicamente que el oxígeno ordinario, del que es una variedad. También se dice que es un buen agente oxidante. Se da uso al ozono para la purificación del agua, para esterilizar el aire o como blanqueador.

Se tiene conocimiento público de la existencia de los daños que estaba sufriendo la capa de ozono desde el año 1985. De manera intensa, a partir de ese momento, se comenzó a indagar sobre las consecuencias y las causas que conducían a una situación que parecía alarmante. En nuestros días, se sabe que la capa de ozono está dañada en varios puntos del planeta. El problema afecta a los Círculos Polares Antártico y Ártico, a los dos extremos Norte y Sur del globo, además también se encuentran dañados, aunque con menos intensidad, las latitudes medias de ambos hemisferios. El agujero situado en el Polo Sur tiende a desplazarse hacia el Norte. En el Polo Sur se encuentra uno de los ecosistemas marinos más importantes del mundo, las consecuencias de los efectos del agujero de la capa de ozono comenzarían a notarse allí.

La capa de ozono es quien se encarga de proteger a los seres vivos de la Tierra de las radiaciones ultravioletas-B, aquellas radiaciones que pueden causar daños al provocar la disminución de las defensas de los organismos vivos y, por ende, también la reducción de la resistencia humana para combatir enfermedades.

El principal enemigo de la capa de ozono lo constituyen los CFCs o clorofluorocarbonados, que se usan para la creación de aerosoles (actualmente prohibidos por la legislación) y la refrigeración de automóviles y electrodomésticos. No solo la mano del hombre, con su tecnificación, es responsable de estos males que rodean la protección de la Tierra, también lo es la propia naturaleza, aunque con muy distinta virulencia, por ejemplo, con las emisiones volcánicas de gases sulfurosos.

Actualmente se están produciendo en Argentina y Chile cambios climáticos ya demasiado perceptibles y directamente relacionados con la cuestión de la capa de ozono. Los males no son contrapuestos: sequías y epidemias. En lugares como Tasmania y Nueva Zelanda también se están viendo afectados. En Australia, el país que presenta los índices más elevados de cáncer de piel, ha habido un aumento en el número de casos, aunque nadie se aventura a sugerir que el agujero de la capa de ozono sea el responsable directo de esta circunstancia.

El crecimiento medio anual del agujero de la capa de ozono, aunque es variable de año en año, ronda medidas entorno al 6%, una cifra considerable dada la extensión del agujero detectado en 1.985; y la extensión se estima en cerca de 30 millones de kilómetros cuadrados, lo que sería lo mismo que multiplicar por tres la extensión de Estados Unidos. Sobre las estimaciones buscando la solución, se puede decir que se necesitarían 50 años para que volviera a su estado de los años 80, cuando el agujero ya existía y su crecimiento comenzó a descontrolarse. En agosto de 2003, las autoridades científicas de la División Antártica Australiana advirtieron de que el avance de temperaturas frías en la estratosfera estaba ampliando las dimensiones del agujero de la capa de ozono, y que las previsiones para los próximos años indicaban que podría alcanzar la máxima extensión hasta ahora conocida.

La capa de ozono tiene en el día 16 de septiembre su día, decretado por Naciones Unidas, como el día de su preservación. Es claro que no necesita solamente la dedicación pública y política, con su efecto mediático, de un solo día. Kofi Annan, el Secretario General de Naciones Unidas argumentaba recientemente la necesidad de que todos los países se impliquen de forma inmediata, y que se cumplan las enmiendas al Protocolo de Montreal o la enmienda del protocolo de Copenhague de 1992, eliminando de manera gradual el empleo de sustancias que agotan la capa de ozono en los plazos que los acuerdos encomiendan.

Se debe eliminar el comercio ilícito de clorofluorocarbonos y del metilbromuro, ambos empleados en los sistemas de refrigeración y cuya fecha de prohibición se extiende al año 2015.

Con regularidad, se celebran cumbres con el tema de fondo del calentamiento climático y el agujero de la capa de ozono. En todas esas cumbres (Marrakech, Bonn, Moscú...) el tema de fondo se remonta al Protocolo de Kyoto, un marco que pretendía luchar contra el cambio climático mediante una acción internacional de reducción de las emisiones de determinados gases de efecto invernadero responsables del calentamiento del planeta.

El Protocolo de Kioto, aunque sin firmar por los Estados Unidos, fue ratificado por la Unión Europea en mayo de 2002. El Protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de seis gases considerados de efecto invernadero, que son:

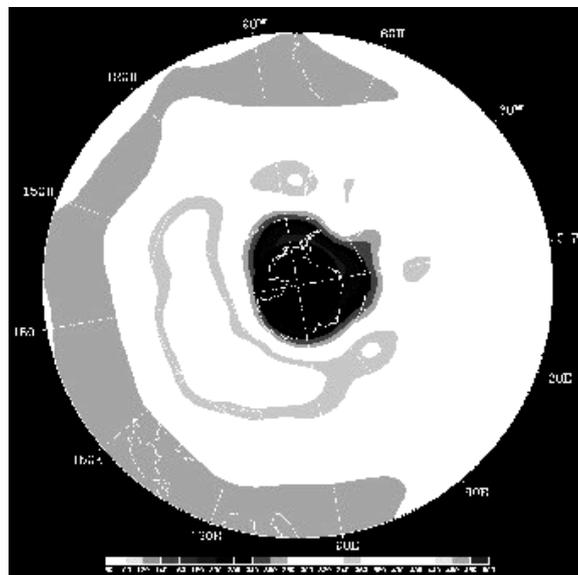
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)
- Metano (CH₄)

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Óxido nitroso (N₂O)

El mayor inconveniente de estas sustancias es que las desprenden las grandes industrias. Países como Rusia y las ex-repúblicas soviéticas argumentan que de seguir las indicaciones del Protocolo de Kyoto sobre la emisión de dichos gases, repercutiría muy negativamente en sus economías.

Esta es una fotografía reciente de la capa de ozono:

Figura 16. Capa de ozono



Fuente: <http://www.capadeozono.com>

5.1.2.2. Alteración del ecosistema

Debido a la gran contaminación el dióxido de carbono se comporta ante la radiación como el vidrio de un invernadero, dejando pasar el calor hacia el interior pero no hacia el exterior. Esto produce un calentamiento de la tierra y de la capa de la atmósfera que recibe el nombre de efecto invernadero.

La atmósfera de la Tierra está compuesta de muchos gases. Los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno (este último es el que necesitamos para respirar). El resto, menos de una centésima parte, son gases llamados de invernadero. No los podemos ver ni oler, pero están allí. Algunos de ellos son el dióxido de carbono, el metano y el dióxido de nitrógeno. El ser humano aumenta su proporción quemando los llamados combustibles fósiles (gasolina y diesel).

En pequeñas concentraciones, los gases de invernadero son vitales para la supervivencia. Cuando la luz solar llega a la Tierra, un poco de esta energía se refleja en las nubes; el resto atraviesa la atmósfera y llega al suelo. Gracias a esta energía, por ejemplo, las plantas pueden crecer y desarrollarse.

Pero una parte de esta energía es devuelta al espacio. Como la Tierra es mucho más fría que el Sol, no puede devolver la energía en forma de luz y calor. Por eso la envía de una manera diferente, llamada energía infrarroja.

Los gases de invernadero absorben esta energía infrarroja como una esponja, calentando tanto la superficie de la Tierra como el aire que la rodea. Si no existieran los gases de invernadero, el planeta sería cerca de 30 grados más frío de lo que es ahora. En esas condiciones, seguramente la vida nunca hubiera podido desarrollarse.

También, la tala de bosques cortando o quemando los árboles influyen en el efecto invernadero ya que las plantas y los árboles, consumen dióxido de carbono y desprenden oxígeno.

Al aumentar estos gases en cantidades excesivas producidas por el ser humano, la consecuencia es que si antes la temperatura se mantenía, porque había una cantidad de gases exacta dejando escapar alguna radiación, ahora la radiación devuelta al espacio es mas retenida que antes por el aumento de dichos gases tal que el calor de la Tierra y del aire va aumentando ya que este no sale (es retenido por los gases invernadero).

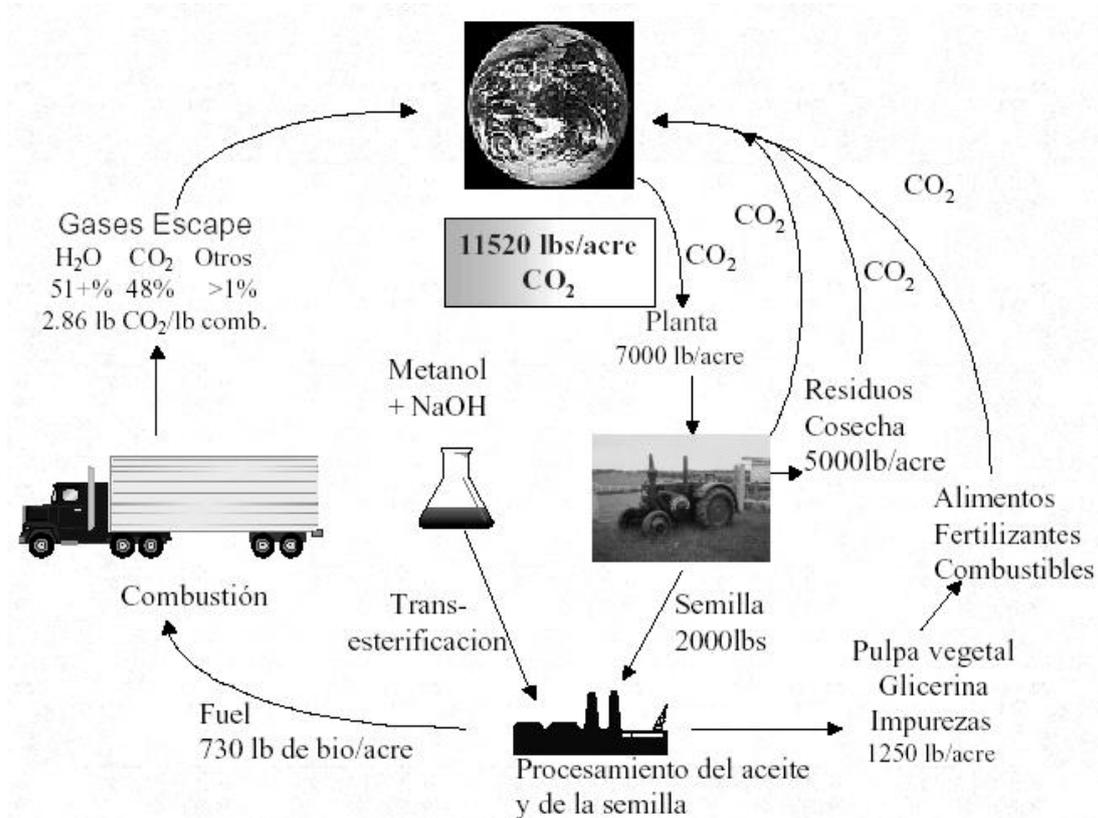
Esto podría ocasionar con el tiempo, cambios climáticos muy significativos. Por ejemplo: una consecuencia muy probable seria sequías o inundaciones. También, un excesivo calentamiento de la atmósfera ocasionaría la fundición de los polos, si esto ocurriera, el nivel del mar aumentaría provocando inundaciones en los países que estuvieran a una menor altitud sobre el nivel del mar.

Todos estos cambios, podrían ocasionar alteraciones importantes en los ecosistemas. Algunas soluciones posibles para reducir la emanación de gases invernadero a la atmósfera sería por ejemplo, usar para los trayectos cortos, la bicicleta o utilizar el biodiesel, el cual es menos dañino para el medio ambiente. Otra posible solución que podría ayudar sería plantar árboles.

Se han realizado varias convenciones mundiales sobre la producción de gases invernadero (la cumbre de Kyoto, etc.), en la que los países más desarrollados que son los que emiten una cantidad mayor de gases se comprometen a disminuir su producción de gases invernadero. Esto desgraciadamente no se cumple al cien por cien.

A continuación se demostrara, por medio de una grafica, como el biodiesel afecta en menor proporción al ecosistema y al mundo en general.

Figura 17. Ciclo de producción de biodiesel y efectos al ecosistema



Fuente: <http://www.biodiesel.com>.

5.1.2.3. Problemas al ser humano

La contaminación generada por desechos de la combustión del diesel causa serios daños al ser humano, todos estos daños están ligados a las vías respiratorias y sus órganos principales. La exposición diaria a estos gases aumenta el riesgo de contraer alguna de estas enfermedades y muchas de estas pueden ser mortales o muy difíciles de tratar. Es por eso que es necesario disminuir la emisión de estos gases para así poder evitar las enfermedades que estos pueden causar.

5.1.2.3.1. Enfermedades relacionadas con contaminación por humo

Para poder comprender el porque de las enfermedades causadas por el humo tenemos que saber que el aire es una mezcla gaseosa compuesta por:

- Nitrógeno 78%.
- Oxígeno 21%.
- Argón 0,93%.
- Dióxido de carbono 0,033%.
- Componentes menores.
- Vapor de agua.
- Partículas sólidas.

Y los principales contaminantes son:

- Dióxido de carbono (CO₂).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de azufre (SO₂).
- Óxidos de nitrógeno (NO).

El dióxido de carbono se origina en los procesos de combustión de energía, de la industria y de la calefacción doméstica. Se supone que la acumulación de este gas podría aumentar considerablemente la temperatura de la superficie terrestre, y ocasionar desastres geoquímicos y ecológicos.

El monóxido de carbono lo producen las combustiones incompletas de sustancias carbonosas, ante la insuficiencia de oxígeno presente, en particular las de siderurgia, las refinerías de petróleo, los vehículos de motor y los incendios forestales; este gas altamente nocivo, no lo es únicamente para la vida humana sino que también puede afectar la estratosfera.

El monóxido de carbono desplaza progresivamente al oxígeno de la combinación con la hemoglobina, debido a la mayor afinidad que existe entre ambos, formándose así la carboxihemoglobina. Este es el fenómeno de mayor significación toxicológica.

Los síntomas de intoxicación aguda se manifiestan por: dolor de cabeza, pesadez mental, mareo, laxitud física, trastornos visuales, náuseas, vómitos, erectismo cardíaco, sensación de opresión torácica, debilidad muscular, colapso y muerte.

El dióxido de azufre procede de los procesos de combustión. Casi todos los combustibles, exceptuando la madera, contienen azufre. Los principales emisores de dióxido de azufre son: las centrales eléctricas y las industriales, especialmente aquellas que elaboran metales como plomo, cromo y zinc, también las instalaciones domiciliarias de agua caliente, las industrias químicas, las de petróleo y los buques.

El dióxido de azufre, el trióxido de azufre y el ácido sulfúrico destruyen la vegetación y sus residuos son arrastrados por los vientos. El comportamiento de las especies vegetales a la acción de esta toxicidad es muy variable. Las plantas de hojas grasas son más sensibles, mientras que las leñosas son más resistentes.

Los niños y jóvenes son especialmente sensibles a los efectos irritantes del dióxido de azufre. El aire contaminado agrava las enfermedades del aparato respiratorio.

El tiempo de permanencia en la atmósfera de los contaminantes sulfurados, se estima entre 5 y 40 días y una de las formas de eliminarlos es a través de las precipitaciones pluviales.

Los óxidos de nitrógeno se emiten principalmente por los motores de combustión interna, centrales termoeléctricas, aviones, hornos, incineradores, el uso excesivo de fertilizantes, incendio de bosques y algunas industrias químicas. Forman el *smog* de las grandes ciudades y pueden ocasionar infecciones respiratorias, entre ellas la bronquitis de los recién nacidos.

El aire y el viento dispersan a los contaminantes en todas las direcciones. El aire y el humo que brotan de una chimenea industrial ascienden en la atmósfera a medida que aumenta su temperatura. La dispersión de los contaminantes puede ser tanto vertical, que se verá influido por la temperatura del aire, como horizontal, que será llevado a cabo por la velocidad del viento. La acción de los contaminantes atmosféricos sobre el hombre es altamente perniciosa.

Las plantas reaccionan en forma significativa a la contaminación del aire, antes que cualquier otro organismo. Los líquenes y musgos son especialmente sensibles y se pueden emplear como indicadores vivos del grado de contaminación.

La contaminación atmosférica perjudica los procesos de la fotosíntesis, la destrucción de la clorofila por las grandes concentraciones de ozono, smog, la presencia de humo, partículas en suspensión, polvo atmosférico, etc.; interceptan las radiaciones ultravioletas en detrimento de todos los organismos vivos.

Los fenómenos meteorológicos, la temperatura, la hora, la lluvia, el rocío, intervienen para diluir la acción de la polución. Los efectos de la polución ambiental se conocen principalmente en el ganado vacuno y ovino, que han sido seriamente dañados por pastar en zonas contaminadas. Este cuadro similar puede existir en los seres humanos por comer verduras. La contaminación del aire por pulverizar áreas de determinadas cosechas y bosques, también ha causado la muerte de animales domésticos y silvestres.

Otras enfermedades relacionadas con el humo de la combustión de diesel son el cáncer de pulmón, la tuberculosis, las afecciones respiratorias, musculares, digestivas, etc.

5.2. Beneficios de la producción

Guatemala tiene una vocación agrícola desde hace más de un siglo, realmente se debe de pensar en incrementar la producción de los cultivos para que los campesinos y en sí todo el país sea beneficiado. Actualmente se cuenta con la mano de obra y la tecnología necesaria para hacer que Guatemala crezca en extensión cultivada de productos no tradicionales (los cuales ya no son rentables para la producción en gran volumen).

Terminando el ciclo del cultivo Guatemala estaría en la capacidad de procesar su propio combustible y no depender de economías más grandes que hasta cierto punto no dejan que los países en vías de desarrollo se puedan desarrollar.

5.2.1. Guatemala un país de agricultura

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), más del 60% de los guatemaltecos se dedican a actividades directamente relacionadas con la agricultura, esto quiere decir que esta es la base de la economía guatemalteca. Por ejemplo los primeros cuatro meses de 2,004 la exportación de productos agropecuarios reportó ingresos de mil 569 millones de dólares.

Dada esta situación es necesario que se capacite a los agricultores y se les de nueva tecnología, para así lograr mayor producción a un menor costo, lo cual nos haría un país mas competitivo.

5.2.2. Aumentar la producción de plantaciones oleaginosas

En la actualidad existe ya un proyecto que se programo para ser finalizado a mediados del año 2,007 en el cual se sembrarán 15,000 hectáreas de Palma Africana en el departamento de Peten. Esto sumado con las 15,000 que ya están produciendo en la costa sur sería una producción capaz de cubrir las necesidades y los requerimientos que una planta productora de biodiesel exigiría.

El cultivo de este tipo de productos es de mucho beneficio para la economía del país, ya que en la actualidad no existe país que produzca cantidades significativas como para saturar el mercado mundial y sacar a Guatemala del negocio.

5.2.2.1. Generación de empleos en el interior de la República

Uno de los grandes problemas que afronta Guatemala es la migración campesina hacia la ciudad por falta de empleo en el interior, es por eso que el aumento en la extensión de cultivos oleaginosos sería beneficioso para el sector laboral del interior del país. En la actualidad, las fincas de plantaciones oleaginosas emplean, entre puestos administrativos, operarios, contratistas y supervisores, a 22,000 trabajadores anualmente. Esto quiere decir que el incremento en el área de cultivo lleva consigo plazas de trabajo para las comunidades y aldeas cercanas a la finca.

5.2.2.2. Mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes

Según información recabada en la costa sur, antes de que la industria de las plantaciones oleaginosas creciera en Guatemala, los habitantes de este sector se dedicaban a la pesca, reconstrucción de carreteras y cultivos tradicionales (los que poseían algún terreno). Estas actividades eran muy variables y en promedio devengaban unos 20 quetzales por día.

Tomando en cuenta que el promedio de hijos para este sector según APROFAM es de 5 hijos por familia, este sueldo no cubriría ni la mitad de la canasta básica recomendable para el digno vivir de una familia tan grande.

Desde que trabajamos en la finca (cuentan los campesinos) ya no pasamos tanta hambre y el dinero ya nos alcanza para nuestras cositas+. Actualmente el promedio de dinero devengado por un trabajador en una finca de 40 quetzales diarios, es decir el doble de lo que ganaban hace algunos años.

Cabe mencionar que este todavía no es un sueldo que cubra con las necesidades primarias de familias tan grandes, pero por lo menos estas familias ya no se clasifican como extremadamente pobres, sino que se encuentran en un rango de pobres.

5.2.3. Aumento en la industria

Según los economistas en el ámbito mundial, un país solo puede obtener un desarrollo sostenible si a los productos agrícolas que produce se le agrega un valor agregado y se vende como producto terminado, es decir cerrar el ciclo de producción y no producir un insumo que al regresar al país tenga valor agregado y su precio sea tres veces mayor que el precio al que fue vendido. Un típico ejemplo de este caso es la producción del chicle, este es cultivado en Guatemala, vendido a un precio relativamente bajo a la industria norteamericana y luego el chicle regresa procesado y empacado a un precio mucho más alto que el precio al que fue vendido.

En el último año, según el Banco de Guatemala, la tasa de crecimiento industria (TCI) fue del 3.8% y se espera que para el 2020 esta sea de mínimo un 10%. Esto demuestra las claras intenciones del gobierno de fomentar la inversión extranjera a nivel industrial ya que está comprobado por países asiáticos que la única forma de mejorar la economía es incrementando la industria y por ende las exportaciones.

5.2.3.1. Generación de empleos a nivel industrial

Tomando en cuenta que el proyecto cuenta con un tamaño específico para la planta productora, se puede decir que la instalación de una planta productora de biodiesel en Guatemala emplearía a unas 50 personas, entre puestos administrativos, operativos y de mandos medios. Dejando abierta la posibilidad de una futura expansión que generaría más empleos.

5.3. Beneficios de costo de producción

Realmente el costo de producir biodiesel es un 10% más alto que la producción de diesel, esto hace que el biodiesel sea un producto difícil de introducir al mercado y con un costo más elevado para el consumidor final. Sin embargo no todo es malo ya que se pueden resaltar los beneficios del biodiesel a nivel ambiental y en ahorro en el mantenimiento de los motores.

5.3.1. Diferencia de precio entre el biodiesel y el diesel

El desarrollo de un programa de esta naturaleza, esta dado en función del comportamiento del precio del petróleo crudo, y sus derivados, en el mercado internacional; de hecho, la época del petróleo barato ya termino, con lo cual da inicio el periodo del petróleo caro, las previsiones de analistas internacionales, es que en el corto plazo el mismo se situara en el orden de los US\$50.00 por barril, lo cual hace rentable el desarrollo de programas de esta naturaleza, tomando en consideración que el mismo no tendría ningún subsidio gubernamental.

A precio del barril de crudo en el mercado internacional, del orden de los 45 dólares por barril, el precio del galón del diesel, a consumidor final se sitúa en un promedio de 12.70 quetzales por galón; se estima que a un precio de 48 dólares el barril de crudo, en el mercado internacional, situara el precio promedio del diesel, a consumidor final, en Guatemala, 15 quetzales por galón, que es el punto de indiferencia que permitirá que el proyecto sea rentable, desde el punto de vista económico - financiero.

Adicional a los beneficios económico . financieros, y sociales , del desarrollo del programa, debe de tomarse muy en cuenta los beneficios ambientales que este nuevo combustible traería a nuestra nación. Lo necesario es hacer conciencia y crear la necesidad en los consumidores del cuidado del ecosistema y el ambiente en general, ya que actualmente en Guatemala los consumidores prefieren gastar un poco menos sin importar el daño que estos combustibles les pueden causar, a mediano plazo, a ellos mismos.

5.3.2. Ahorro en mantenimiento de maquinaria

Después de efectuar el análisis de los resultados de los motores que utilizaron biodiesel nos pudimos dar cuenta que el biodiesel trabaja de una forma mas limpia, es decir que no genera tantas partículas de hollín en la combustión. Esto hace que el sistema se mantenga mas limpio, que no se contamine con tanta rapidez el aceite lubricante y que no se incremente el desgaste en las piezas de metal.

El beneficio directo que se puede obtener del uso del biodiesel es el alargamiento de la vida útil del motor en aproximadamente un 15% más de lo que duraría si utiliza diesel. También se puede extender los intervalos de cambio de aceite si se logra controlar la viscosidad y la introducción del biodiesel al carter por la baja viscosidad del biodiesel. Esto representaría a largo plazo un ahorro más significativo que tiene que ser analizado por el consumidor antes de tomar una decisión.

5.4. Estrategia de implementación y seguimiento para el uso de biodiesel

Para que este proyecto pueda convertirse en una realidad, es necesario crear una estrategia en donde se indique como se implementara el proyecto y como se le dará seguimiento para que el mismo pueda llegar a convertirse en una realidad.

Estrategia

Crear en los consumidores, por medio de la conciencia, la necesidad de utilizar productos menos dañinos para el medio ambiente. Trabajando conjuntamente con las entidades gubernativas encargadas del sector ambiental, para aumentar el numero de empresas que se preocupen por la conservación y el mejoramiento constante del medio ambiente y proponiendo constantemente nuevas leyes al congreso para que estas puedan ser aprobadas y entrar en vigor en pro de la conservación ambiental. Esto contribuiría a la creación de un país mas sano y atractivo para el turismo y la inversión extranjera.

Creada esta necesidad a nivel gubernamental, institucional, empresarial y personal seria necesario continuar con el proyecto de la siguiente forma:

1. Invertir en la investigación para mejorar la eficiencia del biodiesel para mejorar el rendimiento dentro del motor.
2. Investigar si existe alguna otra plantación capas de aportar mayor cantidad de diesel por área cultivada.
3. Ver la posibilidad de introducir a las empresas alimenticias que desechan aceites (Pollo Campero, Mc Donalds, Burger King, etc.) en la producción de biodiesel por medio de sus propios desperdicios, aumentando así la eficiencia de sus insumos y disminuyendo la cantidad de desechos.
4. Producir en grandes cantidades para así poder disminuir los costos y hacer del biodiesel un combustible más competitivo con relación al diesel.



*Your complimentary
use period has ended.
Thank you for using
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

5. Presionar a las autoridades correspondientes para la creación de leyes que favorezcan el uso del combustible como una medida de reducción de contaminantes (eliminar impuestos, eliminar aranceles, etc.).
6. Mantener estándares de calidad a nivel nacional en la producción de biodiesel, con el fin de que este no cause ningún problema en los motores de los usuarios.
7. Dar certeza jurídica y garantizar la inversión.

CONCLUSIONES

1. Mediante este trabajo se ha determinado que la producción de biodiesel en Guatemala a los precios internacionales actuales del petróleo, aun no es totalmente rentable, ya que el precio de producción se encuentra un 10% arriba que el diesel de origen fósil. Sin embargo, el crecimiento de cultivos oleaginosos, la instalación de una planta con mayor capacidad y el alza en el precio del crudo, presentan un marco favorable para el biodiesel y los otros bio-combustibles.
2. Hace más de un siglo que el diesel de origen fósil ha sido extraído por países que han llegado a dominar los mercados mundiales y manejan a su antojo los precios de este combustible. Según los cálculos de expertos, existe todavía combustible para 80 años más. Debido a la preocupación de ciertas entidades ambientales, desde hace mas de una década se ha empezado a investigar la posibilidad de emplear combustibles de origen vegetal que cumplan con la característica de ser renovables, hasta la fecha, el combustible vegetal que ha tenido mas éxito se le denomina biodiesel, por ser elaborado de materia orgánica.
3. Las operaciones que se deben de llevar a cabo para la producción de biodiesel se basan en un proceso sencillo el cual consiste en el lavado de materia prima, transesterificación del aceite y separación de biodiesel y glicerol.

La maquinaria necesaria no es difícil de conseguirla y el proceso puede ser llevado a cabo de una manera continua, dándole así una producción industrial con volúmenes muy altos. Esto dependerá directamente de la capacidad de la planta instalada.

4. Para que la producción pueda llevarse a cabo de una manera sencilla y productiva es necesario contar con materia prima en abundancia (en este caso Palma Africana), con la maquinaria necesaria (una planta que cuente con el equipo y una alta tecnología para facilitar la producción), personal calificado para elaborar un biodiesel de la más alta calidad y lo más importante, la necesidad de los consumidores para cuidar el medio ambiente y consumir biodiesel.
5. La gran diferencia entre el biodiesel y el diesel radica en el control ambiental y las emisiones de gases tóxicos que son menores en el biodiesel. También se puede resaltar la diferencia (mínima) que existe en la potencia y la eficiencia, la cual es favorable al diesel. Con relación al precio el diesel es 10% más barato, pero por los problemas mundiales con el crudo, se estima que el diesel rebasará este 10% en menos de dos años.
6. A largo plazo, el biodiesel tiene un mejor funcionamiento en los motores de combustión interna ya que al ser quemado no produce tanto hollín, esto hace que el motor se mantenga limpio y se evite el desgaste excesivo dentro de los pistones. Sin embargo, a corto plazo, el diesel demuestra tener una mejor eficiencia y potencia, pero requiere de un mantenimiento más severo y continuo.

7. El método de producción de biodiesel que resulta mas efectivo, tomando en cuenta su factibilidad y el costo/beneficio es el método industrial, ya que comparado con el método casero, es mucho mas seguro, se puede controlar mejor la calidad y su producción en volúmenes altos asegura la disminución del costo. Lo cual da un mayor margen de ganancias.

8. La estrategia recomendada consiste en hacer conciencia en los consumidores acerca de la conservación del medio ambiente, esto se puede hacer por los medios de comunicación masiva. Se debe de enfocar el biodiesel en las personas de nivel medio . alto, las cuales tienen las posibilidades y no estimarían pagar un 10% más con el fin de conservar el ambiente y reducir los costos de mantenimiento de su vehículo. Se debe de enfocar también en las grandes empresas que se preocupan por conservar el ambiente incluyendo este tipo de combustible en normas internacionales de conservación (ISO 14,000 por ejemplo).

RECOMENDACIONES

1. El gobierno de la República de Guatemala debe de darle mas presupuesto e importancia a los proyectos elaborados por el Ministerio de Energía y Minas ya que, en su mayoría no tienen fondos para llevarse a cabo y se quedan solo en papeles. Muchos de éstos están bien estructurados y de llevarse a cabo tendrían grandes beneficios para la economía guatemalteca y para el país en general.
2. Crear un ambiente de seguridad para atraer la inversión internacional, con el fin de que grandes empresas inviertan en Guatemala aumentando así las fuentes de trabajo y dejando divisas favorables a la economía de Guatemala. Otra opción, es dar en concesión por veinte años los derechos de una planta productora de biodiesel con el fin de que los propietarios del capital se beneficien tanto como el país.
3. Se debe de presionar a las entidades gubernamentales encargadas de la conservación del medio ambiente para que extiendan junto con el Congreso de la República de Guatemala leyes a favor del uso de biodiesel para conservar el ambiente. También, se deben de eliminar los aranceles que actualmente se imponen a los combustibles ya que este nuevo tipo de combustible orgánico seria fabricado en Guatemala.

4. Como una buena estrategia se recomienda al Ministerio de Energía y Minas mantenerse al tanto de los nuevos proyectos de biodiesel que están por ser aprobados en países europeos, para así poder estar informados de los avances en la tecnología y proponer mejoras a la hora de instalar una planta en Guatemala.

5. Tomar como ejemplo positivo el trabajo realizado en Argentina ya que a pesar de atravesar una represión económica (la mas grande en su historia) no han cesado las investigaciones y los proyectos en la elaboración del biodiesel. Seria interesante acercarse a este país e intentar iniciar una amistad en donde se puedan transmitir conocimientos que puedan ser beneficiosos para Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen Thomas & Roberts Alan P. **Production operations** Vol. 2. 4th Edition. Tulsa, Oklahoma, U.S.A. July 1993.
2. Alonzo Dávila, Héctor Fernando. Manual de laboratorio de motores de combustión interna, para control y emisión de gases en vehículos de gasolina diesel. Tesis de Ingeniería Mecánica. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2001
3. **Annual Book of ASTM Standard. (Petroleum Products, Lubricants and Fossil Fuels)**. Sección 5. Volumen 05.01 y 05.03. American Society for Testing and Materials. Printed in Easton, M.D. U.S.A. 1984 ASTM.
4. Bracamonte Cerón, Cesar Augusto. Estudio preliminar de la obtención de biodiesel a partir de aceite de Palma Africana. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Sur. Ingeniería Agroindustrial. 2002.
5. Felder M., Richard y Ronald Rousseau. **Principios elementales de los procesos químicos**. 2da. de. Estados Unidos: Editorial Addison Wesley. 1991.
6. Ministerio de Energía y Minas, **Ley de Hidrocarburos, Decreto Ley Número 109-83 y su Reglamentación**. , República de Guatemala.

7. McCabe, Warren y Julian Smith. **Operaciones básicas de ingeniería química.** 4ta. ed. México: Editorial Mc Graw Hill. 1992.

8. Portillo Nájera, Aldo Alexander. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas de los aceites como combustible alternativo. Tesis Ingeniería Química. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 2001

9. Urquidi, Víctor L., Ruth R. Troeller. **El petróleo, la OPEP y la perspectiva internacional.** México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1977.

10. Journey to Forever. <http://journeytoforever.org/energiaweb/mike.htm>. mayo, 2004

11. Tecnocampo Zoe. <http://www.zoetecnocampo.com>. junio, 2004.

12. Biodiesel. <http://www.biodiesel.com>. junio, 2004

ANEXO

Tabla X. Guatemala: valor de las exportaciones e importaciones de aceite en bruto de Palma año 2002

MES	Importaciones		Exportaciones	
	Monto Dólares	Peso en kilos	Monto Dólares	Peso en kilos
Enero	133,355	250,210	774,204	2,252,000
Febrero	102,376	235,996	851,890	2,480,000
Marzo	236,282	440,090	415,602	1,100,000
Abril	195,697	370,393	546,480	1,584,000
Mayo	163,987	314,158	1,068,305	3,167,300
Junio	42,326	57,800	952,657	2,519,190
Julio	26,156	40,825	1,296,887	3,268,170
Agosto	82,690	155,450	1,387,723	3,417,140
Septiembre	71,145	136,219	983,826	2,318,930
Octubre	56,502	127,403	2,200,763	5,018,647
Noviembre	72,387	175,000	3,236,175	7,596,900
Diciembre	0	0	3,058,319	16,763,620
Total	1,182,903	2,303,544	16,772,831	41,485,897

Fuente: Banco de Guatemala

Tabla XI. Guatemala: Importaciones de petróleo y productos petroleros periodo 1995-2001 (miles de barriles)

Concepto	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001*
GLP	1,637.20	1,687.90	1,877.00	2,075.40	2,036.16	2,211.44	973.51
G. De Avión	26.9	41.9	31	31.2	20	18.42	5.42
G. Súper	1,804.90	2,013.30	2,327.80	3,144.40	3,025.38	2,921.32	2,061.67
G. Regular	1,258.90	1,325.30	1,499.30	1,532.80	1,590.37	1,792.00	1,039.54
Kerosina	525	476.2	487.3	639.2	409.06	449.42	398.59
Diesel	3,923.80	3,723.70	3,937.90	4,716.70	4,757.19	5,167.44	3,220.42
Bunker	1,410.00	1,546.30	2,252.10	2,549.80	2,588.70	2,889.22	1,345.91
Asfalto	26.5	58.1	85.5	59.3	60.5	41.27	84.32
Crudo Nacional	5,604.90	5,332.40	5,495.30	5,693.40	5,957.00	6,040.51	3,249.85
Totales:	16,217.80	16,205.10	17,993.20	20,442.20	20,444.36	21,531.04	12,379.23

Fuente: Departamento de Transformación de la DGH e informes de compañías

**Tabla XII. Guatemala: Consumo de petróleo y productos petroleros periodo
1995-2001 (miles de barriles)**

Concepto	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001*
GLP	1,718.20	1,772.30	1,665.90	2,133.90	2,336.49	2,363.59	1,061.36
G. De Avión	33.7	38.2	22	32.3	21.6	17	8.4
G. Súper	2,295.20	2,547.90	2,895.80	2,937.20	3,823.20	3,852.89	2,060.31
G. Regular	1,871.00	1,898.90	2,149.00	1,813.50	2,175.29	2,541.32	1,256.00
Kerosina	674.4	736.7	737.1	768.6	761.37	767.3	380.56
Diesel	6,115.70	5,599.90	5,768.60	5,783.80	6,643.64	7,523.36	4,118.17
Bunker	3,281.60	3,328.10	3,071.30	4,331.30	4,984.06	4,998.78	2,846.90
Asfalto	267.9	347.8	470.2	506.6	771.2	821.9	75.86
Crudo Nacional	585.85	684.02	920.47	1,109.51	898.42	665.44	299.46
Totales:	16,843.55	16,953.22	17,700.37	19,416.71	22,415.27	23,551.58	12,106.47

Fuente: Departamento de Transformación de la DGH.

Tabla XIII. Acuerdo Gubernativo 207-2001. Requisitos físicos y químicos del Diesel 2D.

Requisitos	Especificación	Método ASTM
Índice de cetano, mínimo	45	D - 613
Índice de cetano, mínimo	45	D - 976/D-4737
Punto de inflamabilidad, en °C (°F), mínimo	52 (125.6)	D - 93
Viscosidad cinética, mLcts a 37.78 °C (100 °F); mínimo-máximo.	1.90 - 4.10	D - 445
T90, temperatura al recuperar el 90% en °C, (°F); mínima-máxima	282 - 350 (540 - 662)	D - 86
a 50°C (122°F) numero de clasificación Máximo	3	D - 130
Punto de Turbidez en °C (°F), máximo	0(32)	D - 2500
Contenido de azufre, en % masa, Máximo	0.5	D - 129/D - 2622 D - 1266/D - 1552
Contenido de agua y sedimento, en % vol. Máximo.	0.05	D - 1796/D - 2709
Cenizas, en % masa, máximo.	0.01	D- 482

Fuente: Diario de Centroamérica, - 29 de noviembre de 2001.

Tabla XIV. Control de ácidos grasos de la oleina

Descripción	Porcentaje
Minístico	0.77
Palmístico	35.3
Estearico	4.25
Oleico	45.2
Linoleico	14.08
Linolenico	0.45
Cis / trans	1.4

Fuente: Agroindustrias HAME; Planta Olmeca.